T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNDEÇELTİK KAVUZU ve SOLUCAN GÜBRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ

Hamdi DİNCEL

DANIŞMAN
Doç. Dr.Mert EKŞİ

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Peyzaj Mimarlığı Programı

İSTANBUL-2019

Bu çalışma 14.06.2019 Tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Peyzaj Mimarlığı Programı Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

TEZ JÜRİSİ

Doç. Dr. Mert EKŞİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Prof. Dr. Orhan SEVGİ
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Orman Fakültesi

Doç. Dr. Beyza ŞAT GÜNGÖR
Özyeğin Üniversitesi
Mimarlık ve Tasarım Fakültesi

20.04.2016 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa'nın abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

ÖNSÖZ

Öncelikle tez konusunu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup bana yardımcı olan maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen çok değerli tez danışmanım Doç. Dr. Mert EKŞİ'ye tüm samimiyetimle teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Aysel ULUS ve Dr. Öğr. Üyesi Serdar AKBURAK hocalarıma teşekkürü borç bilirim.

Hayatımın her döneminde yanımda olan sevgili aileme teşekkür ederim.

Haziran 2019 Hamdi DİNCEL

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ ..... **iv**
İÇİNDEKİLER ..... **v**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **vii**
TABLO LİSTESİ ..... **x**
SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ ..... **xi**
ÖZET ..... **xii**
SUMMARY ..... **xiv**
1. GİRİŞ **1**
2. GENEL KISIMLAR **4**
2.1. YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN KENT EKOSİSTEMİNDEKİ YERİ 4
2.2. YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNDEKİ YETİŞTİRME ORTAMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ 8
2.2.1. Yeşil Çatı Sistemlerinde Yetiştirme Ortamları Özellikleri 8
2.2.2. Uluslararası Yönergeler Kapsamında Yetiştirme Ortamları Ölçütleri 19
3. MALZEME VE YÖNTEM **26**
3.1. MALZEME 26
3.1.1. Çalışma Alanının Özellikleri 26
3.2. YÖNTEM 27
3.2.1.Deney Düzeneklerinin Kurulması 28
3.2.2.Yetiştirme Ortamlarının Seçilmesi 36
3.2.3. Ölçülen Parametreler 39
3.2.4. Verilerin Analizi 45
4. BULGULAR **46**
4.1. İKLİM DEĞİŞKENLERİNE AİT BULGULAR 46
4.2. YETİŞTİRME ORTAMLARIYLA İLGİLİ ELDE EDİLEN BULGULAR 49
4.2.1. Yetiştirme Ortamı Nem İçeriğine İlişkin Bulgular 49
4.2.2.Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular 51
4.2.3. Yetiştirme Ortamı Karışımlarının Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular 53
4.3. BİTKİLERİN ÖLÇÜLEN DEĞERLERİNE İLİŞKİN BULGULAR 57

4.3.1. Bitki Büyüme Endeksi Ölçümlerine Ait Bulgular.....58
4.3.2.Bitkilerin Stres Düzeylerine Ait Bulgular 68
4.3.3. Bitkilerin Canlı Kütle Değerlerine Ait Bulgular 76
5. TARTIŞMA VE SONUÇ 80
KAYNAKLAR.....84
ÖZGEÇMİŞ 90

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1: Sennaherib'in Nineve'deki bahçesini gösteren kabartma (Dalley, 1994; Konyar, 2001) ve Babil'in Asma Bahçeleri illüstrasyonu.....4

Şekil 2: 19.Yüzyıl yeşil çatı detayı ve İstanbul'da yer alan bir yeşil çatı örneği (Zorlu AVM). 5

Şekil 3: Yeşil Çatı Katmanları. 6

Şekil 4: Çatı bahçeleri ve yeşil çatı sistemleri. 7

Şekil 5: FLL standartlarına göre çatı bahçeleri yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri grafiği (FLL, 2008). 21

Şekil 6: FLL standartlarına göre yeşil çatı yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri grafiği (FLL, 2008). 21

Şekil 7: FLL standartlarına göre tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri grafiği (FLL, 2008).....22

Şekil 8: Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonu (İÜYAP) (18.04.2019).....26

Şekil 9: Çalışmada kullanılan plastik deney kutuları (18.04.2018). 29

Şekil 10: Çalışma alanında kullanılan tel kafes örgülü tezgahlar ve EPS levhalar ile oluşturulan yalıtım (18.04.2018). 29

Şekil 11: Deney desenlerinde kullanılan su tutucu keçe (18.04.2018). 30

Şekil 12: Deney desenlerinde kullanılan drenaj katmanı (18.04.2018). 30

Şekil 13: Deney desenlerinde kullanılan filtre örtüsü katmanı (18.04.2018). 31

Şekil 14: Çalışmada kullanılan *L. spectabilis*, *D. chinensis*, *A.* schoenoprasum, *C.* salviifolius, *C. creticus*, *S. thirkei*, *S. album* ve *S. lydium* bitkileri (23.04.2018).....33

Şekil 15: Deney kutularına dikilecek bitki yerlerinin işaretlenmesi ve dikilmesi (13.05.2018). 34

Şekil 16: Rastgele düzende dikilecek bitkilerin kutu içerisindeki sayısal ve bitki türlerinin düzen şeması.....35

Şekil 17: Çeltik kavuzu, Zeolit, Ponza (03.05.2018) ve Solucan gübresi.....36

Şekil 18: ÇPZSg, PZÇ ve PZSg yetiştirme ortamı karışımları (03.05.2018). 38

Şekil 19: Yetiştirme ortamı ağırlığını ölçmek için kullanılan hassas terazi ve Yetiştirme ortamlarının fırın kurusu ağırlığını saptamak için kullanılan fırın (13.05.2018). 40

Şekil 20: Yetiştirme ortamlarının granülometrisini belirleyebilmek için kullanılan elek cihazı (23.05.2018). 40

Şekil 21: Canlı kütle ölçümü için kök gövde ayrımı yapılan *D. chinensis* (08.05.2018). 41

Şekil 22: Kök gövde ayrımı yapılan canlı kütle analizlerinin yapılması amacıyla fırında kurutulması (08.05.2018). 41

Şekil 23: Canlı kütle ölçümü için kök gövde ayrımı yapılan *D. chinensis* bitkisinin fırında kurutulması (08.05.2018). 42

Şekil 24: Bitki büyüme endeksi ölçümleri (08.05.2018). 42

Şekil 25: Bitki stres düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen ölçümler (08.05.2018). 43

Şekil 26: Yetiştirme ortamı nem kayıt cihazı. 44

Şekil 27: Yetiştirme ortamı sıcaklık değerlerini ölçen cihaz. 44

Şekil 28: Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonu sıcaklık verileri ile MGM'den temin edilen sıcaklık verilerinin kıyaslanması. 47

Şekil 29: Aylık toplam yağış verilerinin MGM ve Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu verilerine göre kıyaslanması. 48

Şekil 30: Çalışma boyunca kaydedilen ortalama sıcaklık ve toplam yağış değerleri. 48

Şekil 31: Yetiştirme ortamlarında nem değerlerinin haftalık verileri. 49

Şekil 32: Mevsimlere göre yetiştirme ortamı nem değerlerinin ortalamaları. 51

Şekil 33: Yetiştirme ortamlarına ait en düşük sıcaklık değerleri (05.04.2019). 52

Şekil 34: Yetiştirme ortamlarına ait en yüksek sıcaklık değerleri (29.04.2019). 52

Şekil 35: Yetiştirme ortamlarının yeşil çatı sistemlerindeki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması. 55

Şekil 36: Yetiştirme ortamlarının çatı bahçeleri sistemlerindeki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması. 55

Şekil 37: Yetiştirme ortamlarının tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı sistemlerindeki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması. 56

Şekil 38: A. *schoenoprasum* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri. 59

Şekil 39: *Cistus spp.* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri. 60

Şekil 40: *S. thirkei* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.....61

Şekil 41: *D. chinensis* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri. 62

Şekil 42: *L. spectabilis* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.....63

Şekil 43: *S. album* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri. 64

Şekil 44: *S. lydium* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri. 65

Şekil 45: Bireylerin çalışma haftalarına göre ortalama BBE değerleri. 66

Şekil 46: A. *schoenoprasum* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri. 69

Şekil 47: *Cistus spp.* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri. 70

Şekil 48: *S. thirkei* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri. 71

Şekil 49: *D. chinensis* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri. 72

Şekil 50: *L. spectabilis* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri. 72

Şekil 51: *S. album* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.....73

Şekil 52: *S. lydium* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.....74

Şekil 53: Bireylerin çalışma haftalarına göre ortalama Fv/Fm değerleri. 74

Şekil 54: Çalışmanın başında gerçekleştirilen canlı kütle (kuru ağırlıkları) değerleri.....77

Şekil 55: Çalışmanın başında ve sonunda gerçekleştirilen canlı kütle (kuru ağırlıkları) değerleri. 78

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1: Yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamı olarak değerlendirilen maddeler. 17

Tablo 2: Bazı deneysel yeşil çatı yetiştirme ortamlarının bileşimleri. 18

Tablo 3: FLL standartlarına göre yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri (FLL, 2008). 20

Tablo 4: Yetiştirme ortamları tabakalarının su geçirgenliği karşılaştırılması (FLL, 2008). 23

Tablo 5: Yetiştirme ortamlarında besin maddeleri içerikleri (FLL, 2008). 24

Tablo 6: Çeşitli bitki türleri grupları için standart yetiştirme ortamı derinliği (FLL, 2008). 25

Tablo 7: Çalışmada kullanılan bitkiler ve özellikleri. 32

Tablo 8: Çalışmada denenmek üzere seçilen bitki türlerinin takson özellikleri (TÜBİVES, 2019). 34

Tablo 9: Yetiştirme ortamlarının karışım yüzdeleri. 38

Tablo 10: Yetiştirme ortamlarının çap sınıflarına göre dağılımı. 53

Tablo 11: Yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri. 57

Tablo 12: Haftalara göre denenen bitki türlerinde yaşanan birey kayıp sayıları. 66

Tablo 13: BBE değerlerine ait varyans analizi verileri. 67

Tablo 14: Stres düzeyi (Fv/Fm) değerlerine ait varyans analizi verileri. 75

Tablo 15: Çalışmanın başında ve sonunda gerçekleştirilen canlı kütle analizinin kök/gövde oranı. 79

SİMGE VE KISALTMA LİSTESİ

Kısaltmalar	Açıklama
BBE	: Bitki Büyüme Endeksi
C	: Karbon
ÇPZSg	: Çeltik Kavuzu + Ponza + Zeolit + Solucan Gübresi
EC	: Elektrik İletkenliği
FLL	: Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftbau
Fm	: Maksimum Floresans
Fv	: Değişen Floresans
Fv/Fm	: Stres Düzeyi
HSC	: Ortalama Hava Sıcaklığı
İÜYAP	: İstanbul Üniversitesi Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonu
MGM	: Türkiye Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü
N	: Azot
PZÇ	: Ponza + Zeolit + Çeltik Kavuzu
PZSg	: Ponza + Zeolit + Solucan Gübresi
TÜBİVES	: Türkiye Bitkileri Veri Servisi
Y.O.	: Yetiştirme Ortamı

ÖZET

YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNDEÇELTİK KAVUZU ve SOLUCAN GÜBRESİNİN KULLANIM OLANAKLARININ İNCELENMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Hamdi DİNCEL

İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr.Mert EKŞİ

Son zamanlarda artan kent yapılaşması ve azalan yeşil alanlar ile hızla tüketilen doğal kaynaklar sonucunda, şehirlerdeki asfalt, beton, çatı gibi sert zeminlerin getirdiği kentsel ısı adası etkisinin yanı sıra, karbon salınımında ve yüzeysel akış değerlerinde artış gibi birçok sorun ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle peyzaj mimarlığı mesleği 21. yüzyılda ortaya çıkan bu sorunlara karşı sağlıklı ve verimli çözümler üretmekle yükümlüdür. Özellikle kentlerde sürdürülebilir uygulamaların gerçekleştirilmesi, enerji etkin uygulamalara önem verilmesi, yeşil örtünün arttırılması, su kaynaklarının kontrolünü sağlamak ve yapılarda çevre dostu malzemeleri tercih etmek dünyamızın ve gelecek nesillerin devamı için son derece önemlidir. Yeşil çatı sistemleri, yapısal çevrede ekolojik sorunların azaltılmasında önemli katkılar sunan sistemler olarak değerlendirilmektedir.

Gerçekleştirilecek çalışmada yerel kaynaklardan yararlanmak ve çevresel etkinin azaltılması amacıyla atık ve doğal kapsamda değerlendirilen bazı yetiştirme ortamı maddelerinin yeşil çatı sistemlerinde kullanım olanaklarının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda tespit edilen maddeler çeltik kavuzu, ponza, zeolit ve solucan gübresi olarak belirlenmiştir. Bu maddelerden çeltik kavuzu yerel ve atık bir madde olarak deney deseninde yer alacaktır. Bununla birlikte ponza ve zeolit yerel maddeler olarak, solucan gübresi ise hem yerel hem de atık bir madde olarak değerlendirilmektedir.

Tez çalışması iki aşama olarak planlanmıştır. Birinci aşamayı çeşitli kaynaklardan yararlanılarak oluşturulan literatür araştırması kapsamaktadır. İkinci aşamayı ise literatür araştırması sonucunda belirlenen malzemelerle İÜYAP alanında yeşil çatı sisteminin deney desenlerinin (düzenekleri) kurulumunu ve bu deneye bağlı çeşitli ölçümler yapılarak elde edilen verilerin değerlendirilmesini kapsamaktadır.

Deneysel çalışmada tespit edilen çeltik kavuzu, ponza, zeolit ve solucan gübresi maddeleri farklı oranlarda karıştırılarak yetiştirme ortamları oluşturulmuştur. %80 ponza ve %20 zeolit karıştırılarak ponza ve zeolit (PZ) doğal mineral olarak beraber kullanılmıştır. Farklı karışım oranlarına sahip yetiştirme ortamlarının bitkilerin gelişim düzeyleri üzerindeki etkilerini ölçmek için bu maddelerden belirli oranlarda alınıp üç farklı karışım oluşturulmuştur. Birinci karışımda %60Ç + %20PZ + %20Sg (ÇPZSg), ikinci karışımda %80PZ + %20Ç (PZÇ) ve üçüncü karışımda %80PZ + %20Sg (PZSg) bulunmaktadır. Bu karışımlardan üç tekrardan oluşacak şekilde dokuz adet deney deseni hazırlanmıştır.

Oluşturulan deney desenlerinde çalışma boyunca meteorolojik ölçümler, BBE, Fv/Fm, yetiştirme ortamı nemi, canlı kütle ölçümleri yapılmıştır. Yetişme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine dair analizler yapılmıştır. Gerçekleştirilen 52 haftalık çalışma sonucunda, yerel ya da atık maddelerin ülkemizde yeşil çatı sistemlerinde kullanım olanaklarının değerlendirilmesi ve bu sayede sürdürülebilir sistemlerin geliştirilmesi hedeflenmektedir.

Haziran 2019, 105 sayfa.

Anahtar kelimeler: Yeşil çatı sistemleri, yetiştirme ortamları

SUMMARY

INVESTIGATION OF USAGE POSSIBILITIES OF RICEHULLS AND VERMICOMPOST IN GREEN ROOF SYSTEMS

M.Sc. THESIS

Hamdi DİNCEL

Istanbul University-Cerrahpasa

Institute ofGraduate Studies

Department of Landscape Architecture

Supervisor : Assoc. Prof. Dr.Mert EKŞİ

In addition to the heat island effect, where the hard floors such as asphalt, concrete and roof are brought, there is a problem when the order differs in carbon emission and in places at the surface air level. It is obliged to produce in a healthy and efficient way against these problems that emerged in the 21st century. Implementation of remote applications in long cities, energy-efficient applications are insignificant, the green cover is expanded, water resources to provide control and environment-friendly environment preferences in buildings, our world and the future is essential for the continuation of future generations. Green roof systems and environmental environments are considered as an option that contributes to the reduction of ecological problems.

In this study, it is aimed to evaluate the possibilities of use of some growing medium materials in green roof systems, which are evaluated in terms of waste and natural extent, in order to benefit from local resources and to reduce environmental impact. In this context, the identified substances were determined as paddy, pumice, zeolite and worm manure. Paddy paddock from these materials will be included in the test pattern as a local and waste material. However, pumice and zeolite are considered to be local substances and worm manure is considered both as a local and as a waste material.

The thesis is planned in two stages. The first stage consists of a literature survey which was prepared by using various sources. The second stage consists of the installation of the test patterns (assemblies) of the green roof system in the İÜYAP area with the materials determined as a result of the literature research and the evaluation of the data obtained by making various measurements related to this experiment.

In the experimental study, paddy rice, pumice, zeolite and worm manure were determined by mixing them in different ratios. Pumice and zeolite (PZ) were used together as a natural mineral by mixing 80% ponza and 20% zeolite. In order to measure the effects of the growth media with different mixing ratios on the growth levels of the plants, three different mixtures were formed by taking these ratios in certain ratios. The first mixture contains 60% + 20% PZ + 20% SG (WPZSg), the second mixture contains 80% PCR + 20% (PZC) and the third mixture has 80% PZ + 20% Sg (PZSg). Nine experimental designs were prepared in such a way that they consisted of three replicates.

In the experimental designs, meteorological measurements, BBE, Fv/Fm, growing medium moisture, live mass measurements were performed. Physical and chemical properties of growth media were analyzed. As a result of the 52-week study, it is aimed to evaluate the possibilities of using local or waste materials in green roof systems in our country and thus to develop sustainable systems.

June 2019, 105 pages.

Keywords: Green roof systems, growing media

1. GİRİŞ

Son zamanlarda kentlerin hızla yapılaşması, kent içerindeki park ve bahçelerin yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu durum yeşil alanlara ek olarak çatı, teras, garaj üstü gibi yapı bölümlerinin de yeşil alanlara katılmasını sağlamıştır. Bu yeşil alanlar sadece estetik görünüm açısından değil, çevre bilinci bakımından da büyük önem arz etmektedir. Giderek artan yüksek yapılar sirkülasyonu engelleyerek, kirlilikle birlikte havanın ısınmasına neden olmuştur (Seçer Kariptaş, 2010). Bu durum kentsel ısı ada etkisini ortaya çıkarmıştır. Kent içinde evlerde, sanayi ve endüstri alanlarında su kullanımı artarken, aşırı yapılaşma sonucu yağmuru emecek toprağın azalması, kentlerdeki atık su sistemlerinin yeterli olmamasına yol açmıştır. Bu duruma karşı alınabilecek en etkili yöntemlerden biri olarak yitirilmiş olan yeşil alanlarının, kendilerini yok eden yapıların üzerinde yeniden kazanılması olmuştur (Seçer Kariptaş, 2010). Bu sebepten dolayı yeşil çatı sistemleri ortaya çıkmıştır. Yeşil çatılar ormanlar ve parkların yerini tutamazlar ancak; binaların yerine doğal oluşumun taklidini yaparak, havanın ve suyun kalitesinin geliştirilmesinde etkili olabilirler (Seçer Kariptaş, 2010).

Yeşil çatıların tarihi yaklaşık M.Ö. 6000 yıllarında yapılan Babil'in Asma Bahçeleri'ne kadar uzanmaktadır. O zamanki yapım amaçları sadece doğaya özlem ve tanrının gökyüzündeki katına yaklaşmak ve ona yakın olma felsefesine dayalı olsa da, bugün estetik olguları dışında aşırı kent yapılaşmasının yarattığı ekolojik sorunların çözümünde de oldukça önemli bir yere sahiptir (Barış ve diğ., 2012). Yeşil çatıların Babil'in Asma Bahçeleri'nden sonra yeniden gündeme gelmesi 1867 yılında Paris'te yapılan Dünya sergisinde Carl Rabite adlı bir yapımcının Berlin'deki evinin çatısı için düşündüğü bahçenin alçıdan maketinin bu sergide sunulması, çatı bahçelerine olan ilgiyi yeniden uyandırmıştır (Barış ve diğ., 2012). Ayrıca Fransız şehirci mimar Le Corbusier ise yüksek binaların düz çatılarının bahçe gibi kullanılmasını önermiş, böylece estetik ve işlevsel açıdan çatı peyzajının geliştirilmesinde önemli katkılarda bulunmuştur (Barış ve diğ., 2012).

1980'li yıllarda yeşil çatıların uygulama prensiplerinin belirlenmesi amacıyla Almanya'da FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V.- Peyzaj Araştırma, Geliştirme ve Konstrüksiyon Topluluğu) tarafından geliştirilen standartlar, çatı

bahçelerinde kullanılan yapım tekniklerinin belirlenmesini ve dünyada yaygınlaşmasını sağlamıştır (Obendorfer ve diğ., 2007; Ekşi ve Uzun, 2016). 1980'li yıllardan sonra inşa edilen yeşil çatılar, bitki örtüsünü kent alanlarına geri getirme fikriyle inşa edilmiştir (Köhler, 2005; Ekşi ve Uzun, 2016).

Bitkilendirilmiş çatı sistemleri, yeşil çatı (ekstensif, seyrek) ve çatı bahçesi (intensif, yoğun) olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Ayrıca bu iki sistemin karışımı ile oluşturulan yarı-intensif sistemler de bulunmaktadır. Çatı bahçeleri daha çok estetik amaçlı tesis edilir ve park ve bahçelerde gördüğümüz bir bahçeye benzemektedir. Çalı ve ağaçlarla bitkilendirilmiş, derin yetiştirme ortamına, yoğun sistemlere (drenaj, sulama, yer kaplamaları vb.) ve bakıma ihtiyaç duymaktadır. Araştırmaya konu edilen yeşil çatılar ise; genellikle Sedum türleri gibi rejenerasyon (yenilenme) yetenekleri yüksek ve kuraklığa dayanıklı yer örtücü bitkilerle bitkilendirilmiş, sığ yetişme ortamına sahip, gelişmiş drenaj ya da sulama sistemleri gerektirmeyen, daha çok üzerinde bulunduğu binaya ve şehre ekolojik katkıları nedeniyle tesis edilen çatı bahçeleridir (Dunnett ve Kingsbury, 2004; Ekşi ve Uzun, 2016).

Yeşil çatı sistemlerinde kullanılan yetiştirme ortamı karışımları belirli ilkeleri göz önünde bulundurularak hazırlanmaktadır. Organik maddelerce zengin yer seviyesindeki bahçelerden farklı olarak yeşil çatı sistemlerinde bitkiler, oksijen ve suyu tutan, besin maddelerini bünyesinde sürekli barındırabilen ve aynı zamanda bitkilere sağlam bir zemin oluşturabilen hafif ve gözenekli bir yetiştirme ortamına ihtiyaç duymaktadır (Snodgrass ve Snodgrass, 2006; Ekşi ve diğ., 2017). Getter ve Rowe (2006)'a göre yeşil çatı sistemleri için en uygun yetiştirme ortamı iyi drene olan, hafif, yeterli su ve besin maddesi tutma kapasitesine sahip ve zaman içerisinde küçük parçalara ayrışarak dağılmayacak bir karışımdan oluşmalıdır (Ekşi ve diğ., 2017).

Yetiştirme ortamı bileşenlerini, doğal ve yapay mineraller, geri dönüştürülmüş veya atık malzemeler ve organik maddeler oluşturmaktadır. İstisna olarak bazen kütle yoğunluğunu azaltmak için bu bileşenlerle birlikte sentetik plastik malzemelerde kullanılmaktadır (Ampin ve diğ., 2010). şekilde oluşan doğal minerallere kum, kil ve çakıl laboratuvarlarda yapay olarak elde edilen genişletilmiş şist, perlit, vermikülit ve taşyünü yapay minerallere örnek verilebilir (Ampin ve diğ., 2010). Malzemelerin parçalanması ya da kırılması işlemi ile geri dönüştürülerek oluşturulmuş malzemelere kırılmış tuğla ve kiremit ile parçalanmış moloz örnek olarak verilebilir (Ampin ve diğ., 2010). Kullanıldıktan sonra atılan atık malzemelere

çeltik kavuzu ve çay artığı örnek gösterilebilir (Ekşi ve diğ., 2017). Organik maddelere tarımsal açıdan ölü bitkisel ve hayvansal atıklar olan torf, kompost, ayrıştırılmış talaş veya ağaç kabuğu örnek verilebilir. Sentetik plastik malzemelere strafor ve üre-formaldehit reçine köpükleri örnek gösterilebilir (Ampin ve diğ., 2010).

Yetiştirme ortamlarının özellikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kategorilere ayrılmaktadır. Fiziksel özelliklerini tekstür, strüktür, yetiştirme ortamları -su ilişkileri, toprak havası, sıcaklığı ve rengi oluşturmaktadır. Kimyasal özelliklerini yetiştirme ortamları reaksiyonu (yetiştirme ortamları asitliliği) ve yetiştirme ortamlarının besin maddeleri oluşturmaktadır. Biyolojik özelliklerini toprakta yaşayan organizmaların taksonomik özellikleri ve yaşam aktivitelerinin karakteristikleri oluşturmaktadır. Hepsi de yetiştirme ortamlarının oluşumu, organik madde ayrıştırılması, biyolojik besin maddesi dolaşımı, bitki metabolizması ve gelişimi gibi önemli pedolojik, fizyolojik ve biyolojik süreçler üzerinde büyük bir etkinliğe sahiptir (Çepel, 1988).

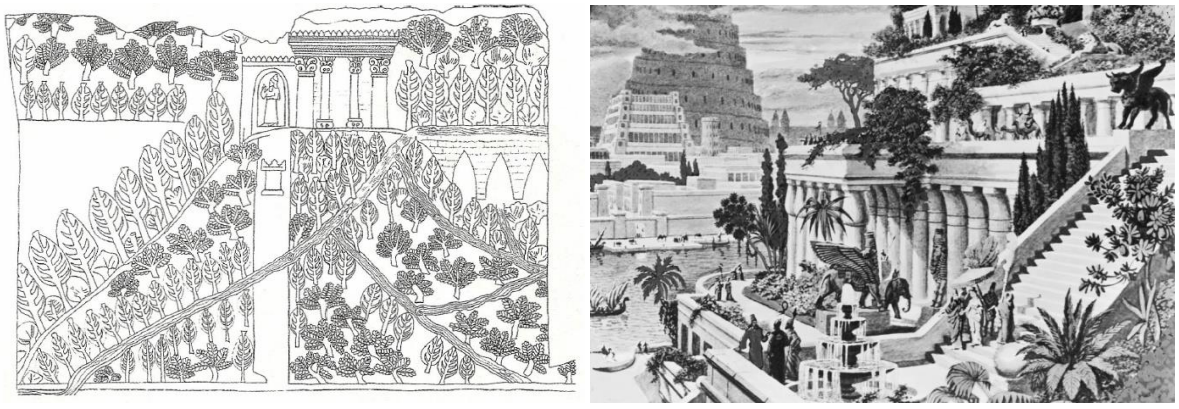
Son yıllarda sürdürülebilirlik ve doğaya uyumlu yerleşim kavramlarının temelinde yer alan yerellik yaklaşımı, tüketim ve karbon salınımını azaltmak anlamında önem taşıyan bir etmendir. Bu nedenle yakın çevre kaynaklarının kullanımı ile geri dönüştürülmüş ya da atık kapsamındaki malzemelerin yeniden kullanımı ile ilgili araştırmalar çevre açısından önem taşımaktadır. Dolayısıyla dünyada yerel yetişme ortamlarıyla ilgili arayışlar, uluslararası çalışmalarda sıklıkla karşımıza çıkmaktadır (Ekşi ve diğ., 2017).

Bu çalışmanın amacı, ülkemizde koşullarında yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamı olarak atık ve doğal malzemeleri değerlendirmek, yerellilik yaklaşımını yeşil çatı sistemlerine entegre etmek, karbon ayak izini azaltmak ve ekolojik dengenin sağlanmasıdır. Bu bağlamda çeşitli malzemelerin farklı oranlarda karıştırılarak oluşturulan deney desenlerinin, bulunduğu bölgeye uyum sağlayabilen ve uluslararası ölçütlere (FLL, 2008) uygun yetiştirme ortamı karışımları olması hedeflenmektedir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNİN KENT EKOSİSTEMİNDEKİ YERİ

Ekolojik çatılar, çatı bahçeleri ve yaşayan çatılar olarak da adlandırılan yeşil çatı sistemleri, çok eski çağlardan beri yapılar üzerinde bulunmaktadır. Bilinen ilk çatı bahçesi örneklerine M.Ö. 4000'li yıllardan M.Ö. 600'lü yıllara kadar inşa edilen eski Mezopotamya uygarlıklarına ait olan (Sümerler, Babiller, Asurlar) ziggurat ve mabetlerde ortaya çıktığı kabul edilmektedir (Önder ve diğ., 2018). Yapılan bazı araştırmalara göre Asur'un önemli ve son başkenti olan Nineve'ye ait yazılı belgeler ve rölyeflerden ortaya çıkarılan kanıtlardan asma bahçe, yani tonozlar üzerinde asılı duran bahçelerin ilk örneklerinin Nineve'de bulunduğunu ve o dönemde antik yazarların bunu karıştırmış olabileceği düşünülmektedir (Dalley, 1994; Konyar, 2001). Eski Yunan yazarları Ninive'de bulunan rölyeflerdeki bahçeleri, kemerli tonozlar üzerinde, Yunan tiyatroları gibi kat kat yükselen bahçelerin, çeşitli tekniklerle tepeye çıkarılmış olan suyun, tepeden aşağıya inerken ağaç ve bitkileri suladığı betimlenmiştir (Dalley, 1994; Konyar, 2001). Nitekim yetersiz kaynaklardan dolayı tam olarak zamanı bilinemese de yeşil çatı sistemlerinin eski çağlardan beri var olduğu bilinmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Sennaherib'in Nineve'deki bahçesini gösteren kabartma (Dalley, 1994; Konyar, 2001) ve Babil'in Asma Bahçeleri illüstrasyonu[1]

Günümüzde kullanılan yeşil çatı sistemleri ise 19. yüzyıl başlarında Kuzey Avrupa'da ısı yalıtımı amacıyla oluşturulan çatılara dayanmaktadır (Bass ve diğ., 2003; Ekşi, 2012). Soğuk

[1] http://arkeofili.com/yeryuzundeki-cennet-asurbanipalin-bahceleri/ (Ziyaret Tarihi: 05.05.2019).

iklime sahip olan İskandinavya ülkelerinde Vikingler döneminden ve ortaçağdan beri pek çok evin yeşil çatıya sahip olduğu varsayılmaktadır. Soğuktan korunmak için yapılan bu yeşil çatıların toprak tabakasının altına, ağır ahşap kirişler ve su yalıtımını sağlayan huş tabaka yerleştirilerek yapıldığı bilinmektedir[2]. Günümüzde kullanılan modern yeşil çatı sistemleri ise 1960'lı yıllarda Almanya'da başlayarak dünyaya yayılmıştır (Şekil 2).



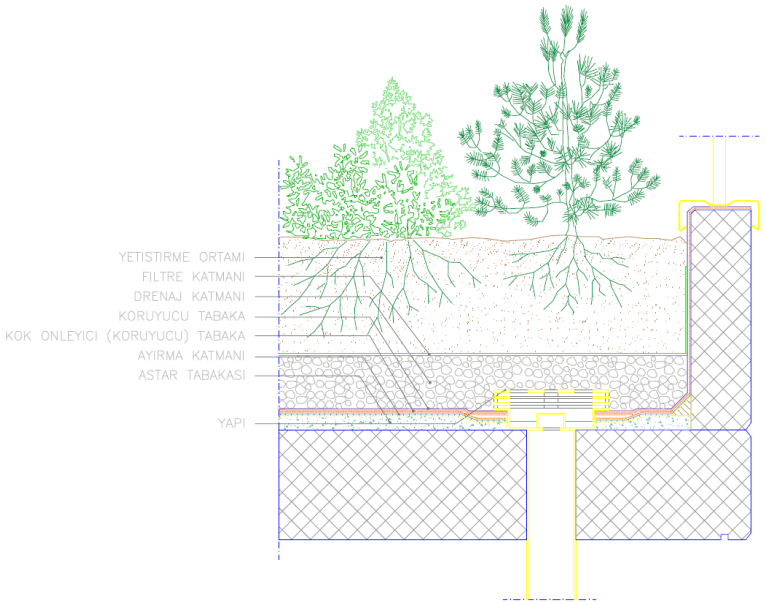
Şekil 2: 19.Yüzyıl yeşil çatı detayı ve İstanbul'da yer alan bir yeşil çatı örneği (Zorlu AVM)[3].

1977'de Almanya'da FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landsschaftsbau -Guideline for The Planning, Execution and Upkeep of Green Roof Sites - Peyzaj Araştırma, Geliştirme ve Konstrüksiyon Topluluğu) adında yeşil çatı sistemleri üzerine bilimsel araştırma yapacak bir organizasyon kurulmuştur (Osmundson, 1999; Olgun, 2014). Organizasyon 1990'lı yılların ortasında yapılan araştırmalar sonunda FLL adında yeşil çatı sistemlerinin standartlarını içeren bir kılavuz yayınlamıştır. Günümüzde bu organizasyonun oluşturduğu FLL standartları tüm dünyada kabul görmektedir.

Tipik bir yeşil çatı sistemini oluşturan yapısal katmanlar en üstten alta doğru; vejetasyon tabakası, yetiştirme ortamı, filtre katmanı, drenaj katmanı, koruyucu tabaka, kök önleyici (koruyucu) tabaka, ayırma katmanı, astar tabakasından oluşmaktadır. Yetiştirme ortamı, bitkilerin gelişimi için gerekli olan besin maddelerinin bulunduğu katmandır. Yetiştirme ortamının altında bulunan filtre örtüsü ortamın yağış ya da sulama sonrası akıp gitmesini ve

[2]http://yapiguncesi.blogspot.com/2011/02/yesil-catlar.html (Ziyaret Tarihi: 28.05.2019).
[3]https://zinco-greenroof.com/references/zorlu-center-istanbul (Ziyaret Tarihi: 21.04.2019).

drenaj deliklerinin yetiştirme ortamı partikülleri ile tıkanması engellemek için serilen bir katmandır. Fazla suyun sistemden tahliye edilmesini sağlamak amacıyla drenaj katmanı kullanılmaktadır. Kök önleyici (koruyucu) tabakaya ek olarak koruma görevi yapan koruyucu tabaka kullanılmaktadır. Bitki köklerinin su yalıtımına zarar vermesini engellemek amacıyla kök önleyici tabaka bulunmalıdır. Astar tabakası yeşil çatı katmanları arasındaki istenmeyen etmenlerin geçmesini engellemek için kullanılır (Şekil 3).



Şekil 3: Yeşil Çatı Katmanları[4].

Bugün ev, otel, iş ve alışveriş merkezlerinin çatılarında ya da teraslarında gördüğümüz yeşil çatı sistemleri kullanılacak bitki türüne ve bu bitkilerin ihtiyaçlarına göre yeşil çatı (seyrek/ekstensif) ve çatı bahçesi (yoğun/intensif) olarak iki tipe ayrılmaktadır (Şekil 4). En az 15 cm derin yetiştirme ortamına ve geniş yelpazeli bitki türüne sahip olan çatı bahçeleri sistemleri, park ve bahçelerde gördüğümüz geleneksel zemin üzerindeki bahçeler gibi tasarlanmaktadır. Estetik değeri yüksek olan sistemler olan çatı bahçeleri, kent alanlarının yoğun olduğu bölgelerde insanlar için yeni bir yaşam alanı oluşturmaktadır. Yapım maliyetinin fazla olması ve yoğun bakım gerektirmesi ise olumsuz özellikleri olarak görülmektedir (Oberndorfer ve diğ., 2007). Çatı bahçelerinin aksine 2 - 15 cm sığ yetiştirme ortamı ve kısıtlı bitki türüne sahip olması nedeniyle yeşil çatı sistemleri daha çok ekolojik

[4] http://www.arsivix.com/yesil_cati_detayi_dwg_dosyasi_download_672.html (Ziyaret tarihi 25.06.2019)

amaçlı kullanılmaktadır. Yapım maliyetinin az olması ve az bakım gerektirmesi bakımında tercih edilmektedir.



Şekil 4: Çatı bahçeleri[5] ve yeşil çatı sistemleri[6].

Yeşil çatıların faydaları incelendiğinde yağmur suyu yönetimi, enerji koruma ve kentte yaşam ortamı sağlama olarak üç ana başlık öne çıkmaktadır. Bu ekosistem hizmetleri, yeşil çatı sistemlerinde çatı yüzeyini kapatan ve su döngüsü yapan bitki örtüsünden, bitkilerin verimli gelişmesini sağlaması yanında yağış sularını tutan yetiştirme ortamdan ve bitki köklerinin koruyucu tabakaya zarar vermesini engellemesiyle birlikte su yalıtımını sağlayan membrandan kaynaklanmaktadır (Oberndorfer ve diğ., 2007). Yeşil çatı sistemleri kent ekosistemlerinde fazla yağış sularını tutarak sel oluşumunu engeller, su kullanımı için su kalitesini arttırır, kentsel alanlarda kirli havayı temizleyerek hava kalitesini arttırır, gürültü kirliliğini azaltır, çevresel iyileştirmeye katkı sağlar, yaban hayatı için yaşam alanı sunar, yeni yaşam alanları oluşturur, kent tarımına katkıda bulunur, çatı yüzeyini koruyarak yaşam ömrünü uzatır, yapıda ısı izolasyonu sağlayarak enerji maliyetlerini azaltır (Shafique ve diğ., 2018), yangın hızını geciktirir ve kentsel ısı ada etkisini azaltmaktadır.

İnsanoğlu varoluşu boyunca gıda, giysi, ulaşım ve ısınma gibi üretim ve tüketim faaliyetleri nedeniyle dünyada iz bırakmaktadır (Han ve diğ., 2013; Özsoy, 2014). Bırakılan bu izlere 1990'lı yılların başında Dr. Mathis Wackernagel, Prof. William Rees ve arkadaşları tarafından ekolojik ayak izi denilmiştir. Ekolojik ayak izinin bileşenlerini karbon ayak izi, tarım arazisi ayak izi, orman ayak izi, yapılandırılmış alan ayak izi, balıkçılık sahası ayak izi ve otlak ayak izi oluşturmaktadır. Türkiye'de ekolojik ayak izinin en önemli bileşeni % 46 oranı ile kömür, petrol ve doğal gaz gibi yeniden üretilemeyen fosil yakıtların kullanılması ile oluşan karbon

[5]https://www.urbangreenbluegrids.com/measures/green-roofs/intensive-green-roofs/(Ziyaret Tarihi: 08.05.2019).
[6]http://sealeco.com/products-and-solutions/flat-roofing-systems/green-roofs/ (Ziyaret Tarihi: 08.05.2019).

ayak izidir (Özsoy, 2014). Bu yakıtların yanması sonucu atmosferde karbondioksit birikimi oluşmakta ve biyosferde baskı yaratarak, küresel ısınmaya neden olmaktadır. CO_2 ayak izi, karbondioksit emisyonu ile mücadele etmek için gerekli olan ekolojik kapasitenin eksikliğini göstermekte ve salınımın azaltılmasının önemini ortaya koymaktadır. Ekolojik ayak izi hesaplaması dünya ormanlarının insan kaynaklı karbondioksitin ne kadarını emerek temizleyebileceği konusunda bir tahmine dayanmaktadır. Biyolojik üretken orman alanı arttıkça, atmosfere salınan karbondioksit oranı azalmaktadır. (Wackernagel ve diğ., 2005; Akıllı ve diğ., 2008). Yeşil çatılar kent içinde yeşil alanı arttırarak CO_2 emilimini düşürmektedir. Ayrıca kullanılacak olan malzemelerin atık ya da geri dönüştürülmüş olması karbon emiliminimi önemli ölçüde azaltmaktadır. Atık madde ile yapılabilecek bir üretim ham maddeden yapılırsa ham madde arayışı, ortaya çıkarılması, getirilmesi ve işlenmesi gibi aşamalar olacaktır ve bu aşamaların her biri için enerji sarf edilecektir oysa ki atık madde geri dönüştürülüp kullanılırsa alana getirilmesi ve işlenmesi aşamaları olacak ya da sadece alana getirilmesi aşaması olacak ve daha az enerji harcanacaktır.

Günümüzde artan nüfusa bağlı olarak hızla gelişen kentlerde bilinçsizce yeşil alanların yok edilip yerlerine binalar yapılmasıyla kentlerdeki ekosistem bozulmaktadır. Yeşil alanların azalması günümüzdeki en büyük sorun olan iklim değişimini ortaya çıkarmıştır. Yapılan araştırmalara göre 2100 yıllarında hava sıcaklıklarının 2°C daha artacağı varsayılmaktadır. Bunun sonucu olarak buzulların erimeye başlayıp karbon gibi zararlı gazların salınacağı ve çeşitli hastalıkların ortaya çıkacağı varsayılmaktadır. Kentlerdeki yeşil alanlar arttırılarak oluşan kentsel ısı ada etkisi azaltılabilmektedir. Kentlerde binaları azaltmak mümkün olmayacağı için bu binaların çatılarına yeşil çatı sistemleri kurularak birer küçük ekosistem oluşturulabilir. Nitekim yeşil çatı sistemleri kentsel ekosistemde birçok çevre sorununun çözümünü sağlamaktadır.

2.2. YEŞİL ÇATI SİSTEMLERİNDEKİ YETİŞTİRME ORTAMLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

2.2.1. Yeşil Çatı Sistemlerinde Yetiştirme Ortamları Özellikleri

Yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamı sistemin en önemli bileşeni olarak değerlendirilebilir. Yetiştirme ortamı bitkilerin gelişimini doğrudan etkilediği gibi, sistemin

uzun vadede başarılı olabilmesi de bu katmana bağlıdır. Bu katmanın aynı zamanda su kalitesini arttırma, yüzeysel ve fazla akışı azaltmasının yanında ısı yalıtımı gibi etkileri de vardır.

Yeşil çatı sistemlerinde doğal ham toprak (tarım toprağı) yerine tasarlanmış yetiştirme ortamları tercih edilmektedir. Bu sebeple son zamanlarda yapılan yeşil çatı çalışmalarına bakıldığı zaman çeşitli maddeler ile farklı karışımların denendiği görülmektedir. Böylece en uygun yetiştirme ortamına ulaşılacaktır. Yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamları kullanılacak bitkilerin uzun vadede ihtiyaçlarını karşılayabilecek şekilde tasarlanmalıdır. Vijayaraghavan (2016)'a göre yeşil çatı sistemleri için en uygun yetiştirme ortamları:

- Tek bir yetiştirme ortamı kullanılacak bitkilerin uzun vadede gelişimleri için gerekli özelliklere sahip olamayabilir. Bu sebeple farklı özelliklere sahip birkaç bileşenin karışımı ile oluşturulmuş yetiştirme ortamları tercih edilmelidir.
- Seçilen bir yetiştirme ortamı bulunduğu coğrafyanın dışında iyi bir performans gösteremeyebilir.
- Düşük maliyet açısından yetiştirme ortamı bileşenleri yerel malzemelerden seçilebilir.
- Zayıf su tutma ve havalandırma etkisi, ağır olmasından dolayı çökme riskinin bulunması, yabani otları barındırma ve düşük besin içeriğine sahip olması bakımından tarım toprağı kullanılmamalıdır.
- Yetiştirme ortamları sistemin en ağır katmanını oluşturmaktadır. Dolayısıyla yapıya gelen yük ile doğrudan ilişkilidir. Kuru ve ıslak kütle yoğunluğunu yapıya gelecek yük açısından iyi hesaplamak gerekir. Çatıya fazla yük bindirip çökmesine neden olmamak için olabildiğince hafif malzemelerden oluşan karışımları kullanmak gerekir.
- Yetiştirme ortamları suyu yavaşça süzmelidir ve yüksek emme kapasitesine sahip olmalıdır.
- Yetiştirme ortamlarında bulunan organik maddeler ne kadar bitki büyümesini teşvik etse de zamanla ayrışarak ortamın büzülmesine neden olmaktadır. Bu sebepten dolayı organik madde miktarı FLL standartlarında yetiştirme ortamı hacminin sadece % 4-8 ve % 6-12 oranında olmasını önermektedir.
- Kurak dönemlerde bitkilerin hayatta kalabilmesi için yüksek su tutma kapasitesine sahip olmalıdır.

- Yetiştirme ortamlarının akış özellikleri ve iyi hava alması sadece bitki gelişimi için gerekli değildir, aynı zamanda çatı sızıntısını ve aşırı suyu önlemek için ön şartlardır.
- Rüzgar ve fırtına gibi hava olaylarında hafif malzemelerinin uçabilmesi stabilitesini düşürmektedir. Bu sebepten dolayı tercih edilecek yetiştirme ortamı bileşenleri yüksek stabiliteye sahip olmalıdır.
- Yetiştirme ortamlı bileşenleri yüksek hidrolik iletkenliğe sahip olmalıdır.

Yetiştirme ortamlarını istenilen sistem tiplerine göre iki sınıfa ayırmak mümkündür (Ampim ve diğ., 2010). Yeşil çatılar daha çok ekolojik amaçlı yapıldığından, az bakım gerektirdiğinden, yapıya az yük getirmesi gerektiğinden ve kullanılacak bitki türleri yosun, sukkulent, otsu ve çayır gibi kısıtlı olduğundan yetiştirme ortamı derinliği 2-15 cm arasında değişmekte iken çatı bahçeleri, rekreasyon ve fonksiyonel amaçlı kullanılacağından, estetik değeri açısından yapıldığından çok fazla bakım ve yosunlardan ağaçlara kadar giden geniş bitki türünü barındırdığından 15 cm ve daha fazla derinliğe ihtiyaç duymaktadır.

Günümüz yeşil çatı çalışmalarında birçok farklı madde değişik oranlarda karıştırılarak çeşitli yetiştirme ortamları oluşturulmaktadır. Uygulanacak alanın iklim özellikleri, kullanılacak bitkilerin istekleri, yapının taşıyabileceği yük, çatının eğimi, oluşturulacak yeşil çatı sisteminin tipi gibi birçok verinin ele alınıp değerlendirilmesinden sonra en ideal yetiştirme ortamı seçilmektedir. Bu yüzden her yerde aynı yetiştirme ortamı kullanılmamaktadır. Kullanılacağı yere özgü diğer bir deyişle eşsiz olmaktadır. Bu tez kapsamında uygulanacak olan yetiştirme ortamı karışımları örnek verilecek olursa atık ve organik madde olmak üzere iki farklı maddeden oluşabileceği gibi atık, organik ve doğal mineralli bir karışım oluşturarak üç maddeden de oluşabilmektedir. Önemli olan oluşturulacak olan karışımda kullanılacak malzemelerin çeşit sayısı değil özellikleri ve birbirleriyle olan ilişkileri bilinmelidir. Bu şekilde en ideal ortam oluşturulmuş olacaktır.

Yetiştirme ortamlarının özellikleri fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak kategorilere ayrılmaktadır. Fiziksel özelliklerini tekstür, strüktür, yetiştirme ortamları-su ilişkileri, toprak havası, sıcaklığı, rengi vb. oluşturmaktadır. Kimyasal özelliklerini yetiştirme ortamları reaksiyonu (yetiştirme ortamları asitliliği) ve yetiştirme ortamlarının besin maddeleri oluşturmaktadır. Biyolojik özelliklerini toprakta yaşayan organizmaların taksonomik özellikleri ve yaşam aktivitelerinin karakteristikleri oluşturmaktadır (Çepel, 1988).

Yetiştirme ortamını oluşturan tane boyutu (tekstür) sınıfları, yetiştirme ortamlarının su geçirgenliğini, su tutma kapasitesini, havalanmasını, kök yayılışını ve besin maddesi ekonomisini etkilemektedir. İnce tekstürlü yetiştirme ortamı, içindeki kil miktarının artışına bağlı olarak drenajı engeller, su tutma kapasitesini arttırır, havalanma koşullarını kötüleştirir ve kök yayılışını engellemektedir. Buna karşın yüksek bir katyon adsorpsiyon kapasitesine sahip olduklarından dolayı, besin maddeleri bakımından zengin yetiştirme ortamlarıdır. Kaba tekstürlü yetiştirme ortamları ise, bu sayılan özelliklerin aksine sahiptir (Çepel, 1988).

Yetiştirme ortamı strüktürü veya yapısı denince, katı yetiştirme ortamı taneciklerinin istiflenme düzeni ve buna bağlı olarak gözenek sisteminin şekli anlaşılmaktadır. Bitki gelişimi üzerinde doğrudan doğruya önemli olan bir faktör değildir. Fakat bitki gelişimi üzerinde doğrudan doğruya önemli roller oynayan birçok faktörleri etkilemektedir. Örneğin, toprakta suyun tutulması, drenaj koşulları, havalanma, kök gelişimi, bitki besin maddelerinin alınabilirliği, mikroorganizma aktivitesi gibi çeşitli yetiştirme ortamı özelliklerini kontrolü altında bulunduran bir faktördür. Bu sayılan faktörleri olumlu yönde etkileyebilmesi için kırıntı büyüklüğü ve miktarı, gözenek büyüklüğü ve miktarı ile gözenek boyutu sınıflarının optimum derecede iyi olması gerekir (Çepel, 1988).

Su, bitki yapısını oluşturan temel elementlerden biridir. Bitkilerin taze ağırlığının % 60-85'ini su oluşturur. Bitki bünyesinde yetersiz su olması hücre aktivitesini durdurur. Böylece hücreler gelişemez, stomalar açılıp kapanmaz ve buna bağlı olarak da madde değişimi, yaprak ve çiçeklerin oluşumu gibi tüm fizyolojik faaliyetler durur. Yetiştirme ortamındaki besin maddelerinin kökler tarafından alınmasını ve bitki organlardan arasında taşınmasını sağlar, yapraklarda gerçekleşen fotosentez olayının temel taşlarından biridir. Böylece birçok fizyolojik ve biyokimyasal olaylar için mutlak suretle gerekli bir maddedir. Yetiştirme ortamında yeterli su bulunmazsa tohumlar çimlenemez, bitki kökleri gelişemez, mikroorganizmalar aktivite gösteremez ve organik madde ayrışmaz. Yetiştirme ortamı suyunun bu fonksiyonları yerine getirebilmesi için, miktarının belirli sınırlar arasında olması gerekir. Bu koşulun gerçekleşmesi ise, iklim, yetiştirme ortamı özellikleri ve bitki örtüsü gibi çeşitli faktörlerin etki derece ve şekillerine bağlıdır (Çepel, 1988).

Bitki kökleri, özellikle yeni çimlenmekte olan fidecikler, yetiştirme ortamındaki oksijen kıtlığına karşı çok duyarlıdır. Yetiştirme ortamı oksijene karşı gösterilen reaksiyon bitki türlerine göre değişir. Yetiştirme ortamı havalanması, yetiştirme ortamı mikroorganizmaları

için de son derece önemlidir. Aerobik organizma denilen ve ancak yeterli oksijenin bulunduğu ortamlarda faaliyet gösteren organizmalar, oksijen kıtlığında organik maddeleri ayrıştırmaz, organik madde artıkları birikir. Anarobik organizmalar ise, yetiştirme ortamındaki oksitlerden (demir ve mangan oksitleri) oksijenini alır, onları redükler. Her iki şekilde de yetiştirme ortamında bazı zehirli maddeler oluşur. Bunun sonucunda da Ca, Mn ve Fe besin maddeleri alınamaz, yetiştirme ortamı reaksiyonu değişir. Bütün bu olaylar sonucunda kök yayılışı ve gelişimi yetiştirme ortamındaki mikroorganizmaların yaşam süreci, bitkilerin besin maddelerini alımı olumsuz yönde etkilenir. Olumsuz havalanma koşullarını düzeltmek için, önce bu hususta rol oynayan faktörleri belirlemek gerekir. Ondan sonra yetiştirme ortamı işlemesi yapma, drenaj kanalı açma, malçlama, organik madde karıştırma veya organik madde birikimini kireç vererek ortadan kaldırma gibi önlemler alınabilir (Çepel, 1988).

Yetiştirme ortamı sıcaklığı, yetiştirme ortamının ısı kazancı ile ısı kaybı arasındaki dengededir. Yetiştirme ortamı sıcaklığının kaynağı güneş ışınlarıdır. Yetiştirme ortamının alt kısımlarından ve mikroorganizma faaliyetinden de bir miktar sıcaklık gelse de, bunlar o kadar önemli derecede değildir. Yetiştirme ortamı sıcaklığı, anataşların ve minerallerin ayrışması, toprak canlılarının enerji sağlaması, tohumların çimlenip fide köklerinin gelişmesi üzerinde önemli etkileri olan bir faktördür. Kök hücrelerinin faaliyete geçebilmesi için gerekli olan enerjiyi sağlar. Yetiştirme ortamı suyunun kolayca alınabilmesi hususunda da yetiştirme ortamı sıcaklığı önemli etkilere sahiptir. Suyun sıcaklığı düştükçe, akışkanlığı (Viskozitesi) azalır ve bitki tarafından alınması güçleşir. Sıcaklık, don meydana getirecek derecede düşerse yetiştirme ortamında su olmasına karşın bitki bu suyu alamaz (fizyolojik kuraklık). Yetiştirme ortamı çok ısınırsa, içindeki su buharlaşarak kuraklık meydana gelir. Bu durum yalnız suyun değil, besin maddelerinin de bitki kökleri tarafından alınmasını engeller. Bütün bunlara bağlı olarak birçok metabolizma aktiviteleri yavaşlar ve kök gelişemez. Çimlenme için gerekli minimum ve optimum yetiştirme ortamı sıcaklığı istekleri bitki türlerine göre değişmektedir. Sıcaklık belirli bir dereceye kadar arttıkça, çimlenme yüzdesi de artar. Ancak optimum düzeyi geçerse çimlenme hızını düşürmekte ve hatta çimlenmeyi engellemektedir (Çepel, 1988).

Yetiştirme ortamı renginin bitki gelişimi üzerindeki etkisi azdır. Bununla beraber, yetiştirme ortamının jeolojik orijini, oksidasyon ve redüksiyon olaylarının derecesi, organik madde miktarı, yıkanma ve birikmeler gibi önemli yetiştirme ortamı karakteristiklerinin bir belirtecidir. Koyu renk yetiştirme ortamı sıcaklığını arttırır. Fakat bu koyu renk humustan ileri

geliyorsa ve iklim nemli ise, aksi etki yapabilir. Çünkü humus bol miktarda su adsorbe eder. Bu da yüksek özgül ısıdan dolayı yetiştirme ortamı sıcaklığını düşürebilir (Çepel, 1988).

Yetiştirme ortamı reaksiyonunun bitki gelişimi üzerindeki en önemli etkisi besin maddesi alımı, mikroorganizma yaşamı ve pedolojik özellikler üzerindeki önemli rollerinden kaynaklanmaktadır. Yetiştirme ortamı organizmaları organik maddeleri hızla ayrıştırarak, organik asitlerden dolayı bir asitleşme meydana getirir. Bu da dolaylı olarak bitkilerin beslenmesi üzerinde etkili olur. Böylece yetiştirme ortamında organik maddelerden dolayı meydana gelecek zararlı etkileri önlerler. Ekstrem derecede yüksek pH değerlerini düşürmek için yetiştirme ortamına kükürt veya seyreltik sülfirik asit verilebilir. pH değerlerini yükseltmek için de yetiştirme ortamına kalsiyum karbonat verilmesi gerekir (Çepel, 1988).

Bitki besin maddeleri, yetiştirme ortamı kimyasının en önemli ve geniş konularından birini oluşturmaktadır. Her canlı varlık gibi bitkiler de yaşamlarını sürdürebilmeleri için çeşitli besin maddelerine gereksinim duymaktadırlar. Bu nedenle, tüm bitkiler, yetiştirme ortamından almış olduğu çeşitli mineral besin maddelerini, suyu ve havadan aldığı karbondioksidi fotosentez olayı ile birleştirir ve kendi besinini sağlar. Bitki kökleri yetiştirme ortamından çok sayıda (50'nin üzerinde) mineral besin maddesi alır. Fakat bunların hepsi yaşamı ve gelişmesi için gerekli değildir. Bunlardan ancak bir kısmı vejetatif gelişmeleri ve çoğalmaları için gereklidir. Bunlara "mutlak surette gerekli elementler" denir. Bunlardan karbon, hidrojen ve oksijenin sağladığı kaynaklar karbondioksit ve sudur. Bunlar fotosentezle basit karbonhidratlara çevrilir. Bu basit organik bileşikler de azot, fosfor ve kükürt yardımıyla aminoasitlere, proteinlere ve protoplazmaya dönüşür. Bunları dışında tüm bitkiler için geçerli olmamakla birlikte, birçok bitkilerin gelişimi için gerekli olan elementler de vardır. Bunların başlıcaları azot, fosfor ve kükürt kalsiyum, magnezyum, potasyum, bor, klorür, kobalt, bakır, demir, mangan, molibden, silisyum, sodyum, vanadyum ve çinkodur. Bitkilerin besin maddelerini kökleri ile alabilmeleri için, bunların yetiştirme ortamında anyon veya katyon halinde bulunmaları gerekir. Bazıları yalnız katyon halinde, bazıları ise hem anyon, hem de katyon halinde alınabilir (NH_4^+ ve NO_3^-). Bitkiler için gerekli olan besin elementleri içinde bitkiler tarafından büyük miktarlarda alınmaları ve birçok hallerde yeterli derecede bulunmamaları nedenleri ile azot, fosfor ve potasyum "primer bitki besin maddeleri" olarak adlandırılmaktadır. Kalsiyum, magnezyum ve kükürt bitkiler için oldukça büyük miktarlarda alınmaktadır fakat bunların eksikliklerine seyrek hallerde rastlanmasından dolayı "sekunder

bitki besin maddeleri" olarak adlandırılmaktadır. Geriye kalan elementler ise az miktarlarda alındığından bunlara "mikro besin maddeleri" denmektedir (Çepel, 1988).

Azot su ile birlikte kıtlığı en fazla çekilen besin elementidir. Bu yüzden daha çok bitki büyümesini kontrol eden besin elementi olarak karşımıza çıkar (Çepel, 1996; Gardiner ve Miller, 2008; Fageria, 2009; Bolat ve Kara, 2017). Azotun doğadaki kaynağı atmosferdir. Yetiştirme ortamında bulunan azotun ana deposu ise organik maddedir. Organik maddenin zamanla parçalanması sonucunda içinde bulunan azottan bitkiler faydalanabilir (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000; Boşgelmez ve diğ., 2001; Bolat ve Kara, 2017). Azot bitkide köklerin solunumunda, çiçeklenmenin zamanında gerçekleşmesinde, meyvenin (tohumun) oluşma ve olgunlaşmasında azotun rolü çoktur. Azotça iyi beslenen ağaçların zararlılara karşı direnci de artmaktadır (Kantarcı, 2000; Fageria, 2009; Bolat ve Kara, 2017).

Kaya ve minerallerin parçalanması ile serbest hale geçen fosfor bitkiler tarafından kullanılabilir. Ayrıca organik maddenin yapısında da fosfor bulunduğu için yetiştirme ortamında organik fosfor bileşikleri de bulunmaktadır (Çepel, 1996; Aktaş ve Ateş, 1998; Kantarcı, 2000; Bolat ve Kara, 2017). Fosfor, hücre bölünmesi, çiçek ve meyve oluşumunu, bitkilerin olgunlaşmasını , bitki köklerinin suyu almasını düzenleyerek suyun etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar. Bitkinin hastalık ve zararlılara karşı direncini artırır. Potasyumun bitkiler tarafından alınmasına zemin hazırlar (Foth, 1984; Plaster, 1992; Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez ve diğ., 2001; McCauley ve diğ., 2009; Bolat ve Kara, 2017).

Yetiştirme ortamında potasyum kayaların dağılıp parçalanmaları sonucu oluşur. Ayrıca toprakta ikincil ya da kil mineralleri şeklinde de bulunur (Kantarcı, 2000; Gardiner ve Miller, 2008; Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017). Potasyum, tohumun olgunlaşmasını, bitkinin kök sisteminin gelişmesini, bitki yapraklarındaki stoma hücrelerinin açılıp kapanmasını, kök hücrelerinin suyu almasını, terleme ile su kaybının azalmasını sağlar. Klorofil oluşumunda rol oynar; ancak klorofilin yapısında yer almaz. Yetiştirme ortamında bulunan fazla miktardaki azotun meydana getireceği olumsuz etkileri giderir. Potasyum erken gelişmeyi geciktirir ve fosforun erken olgunlaştırma etkisiyle ortaya çıkan yetersiz tohum dolgunluğu zararını önler (Foth, 1984; Brady, 1990; Boşgelmez ve diğ., 2001; McCauley ve diğ., 2009; Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017).

Mineraller ve anakayalar, yetiştirme ortamının kalsiyum kaynaklarıdır (Çepel, 1996; Kantarcı, 2000; Boşgelmez ve diğ., 2001; Özbek ve diğ., 2001; Güzel ve diğ., 2004; Bolat ve Kara, 2017). Kalsiyum iyonları, granülasyonu artırarak yetiştirme ortamının strüktürünü geliştirir ve daha çok ürün almayı sağlar. Yetiştirme ortamı pH'sını ayarlar. Bitki besin maddelerinin alınmasında, bitki ve yetiştirme ortamında bulunan toksik maddelerin çökelmesinde, protein oluşumunda ve karbonhidratların taşınmasında önemli rol oynar. Bitki dokularını donma-çözünme stresine karşı korur. Bitkileri hastalıklara karşı daha korur (Plaster, 1992; Çepel, 1996; Boşgelmez ve diğ., 2001; Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017).

Yetiştirme ortamında magnezyum anakayanın minerolojik bileşimine göre çeşitli formlarda bulunur (Çepel 1996; Kantarcı 2000; Kacar ve Katkat 2010; Bolat ve Kara, 2017). Klorofilin merkez atomu olan magnezyum fotosentezde önemli rol oynar. ATP'nin yapımında önemli bir yardımcı faktördür. Karbondioksit asimilasyonunda ve şeker, nişasta gibi ürünlerin miktarı üzerinde olumlu etki yapar. Protein sentezinde rol oynar (Aktaş ve Ateş, 1998; Boşgelmez ve diğ., 2001; McCauley ve diğ., 2009; Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017). Magnezyum özellikle fosfor olmak üzere diğer elementlerin alınmasına yardımcı olur (Plaster, 1992; Gardiner ve Miller, 2008; Bolat ve Kara, 2017). Klorofilin yapısında yer alan magnezyum eksikliğinde klorofil miktarı düşer ve fotosentez geriler. Böylece bitkide gelişme geriliği ve ürün kaybı yaşanır ve yaşlı yapraklarda damarlar arasında sararma görülür. Yapraklar bu haliyle benekli bir görüntüye sahip olurlar (Aktaş ve Ateş, 1998; Özbek ve diğ., 2001; Gardiner ve Miller, 2008; Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017).

Kükürt organik maddenin yapısına giren bir elementtir. Bu nedenle yetiştirme ortamında organik ve inorganik formlarda kükürt bulunur (Aktaş ve Ateş, 1998; Güzel ve diğ., 2004; Bolat ve Kara, 2017). Klorofil oluşumu için gereklidir. Kükürt eksikliği sonucunda protein ve klorofil sentezinin oluşumu kısıtlanmaktadır. Bazı enzimlerin yapısında yer alır. Kök büyümesini ve nodül oluşumunu hızlandırır (Boşgelmez ve diğ., 2001; McCauley ve diğ., 2009; Kacar ve Katkat, 2010; Bolat ve Kara, 2017).

Yetiştirme ortamının biyolojik özellikleri denilince, yetiştirme ortamında yaşayan organizmaların taksonomik özellikleri ve yaşam aktivitelerinin karakteristikleri anlaşılmaktadır. Çeşitli yetişme ortamlarında yaşayan canlılar tür, miktar ve aktivite bakımından büyük değişimler gösterir. Fakat hepsi de toprak oluşumu, organik madde ayrıştırılması, biyolojik besin maddesi dolaşımı, bitki metabolizması ve gelişimi gibi önemli

pedolojik, fizyolojik ve biyolojik süreçler üzerinde büyük bir etkinliğe sahiptir yetiştirme ortamı mikroorganizmalarının optimum yaşam koşullarına sahip olması için su, hava, sıcaklık ve besin maddesi gibi temel ekolojik verileri optimum derecede sağlayabilecek yetiştirme ortamı özellikleri ile klimatik karakteristiklerin varolması gerekir (Çepel, 1988).

Tuzların asal kaynağı kayaları oluşturan minerallerdir. Minerallerin toprağa dönüşmek üzere ayrışması sırasında suda eriyebilir tuzlar serbest duruma geçmektedir. Yetiştirme ortamı tuzluluğu, bitkinin su ve besin maddesi alımını olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle, dengeli beslenme için uygun olmayan koşullar yaratır. Tuzlu koşulların yarattığı olumsuz etkilerle bitkinin fizyolojik, anatomik ve morfolojik özelliklerinde değişiklikler görülür (Güner, 1971; Krebb, 1964; Eruz, 1979). Fizyolojik değişiklikler fotosentez, solunum, azot ve karbonhidrat metabolizması, enzim reaksiyonlarının aktivitesi ve suyun değişim intensitesi gibi olayların hızındaki farklılıklarla ortaya çıkar. Anatomik yapıdaki değişiklikler (sukkulentliğin ortaya çıkması, stomaların sayısının azalması ya da artması, protoplazmanın hücre zarından ayrılması vb.) özellikle bitki türüne ve yetiştirme ortamındaki tuz oranına bağlı olarak farklılıklar gösterir. Fizyolojik ve anatomik değişikliklere bağlı olarak bitkilerin dış görünüşlerinde de değişimler, örneğin renk ve biçim bozulmaları görülür. Gerek biçimsel değişimler, gerekse renkte ortaya çıkan arazların (yanıklar) karakteri ve oluşum hızı bitkinin biyolojik özelliklerine ve ortamın tuzluluk tipine bağlıdır. Bununla birlikte genellikle tuzlu koşullarda yetişen bitkilerin yeterince büyüyemediği ve bodur kaldıkları bilinmektedir (Güner, 1971; Mengel, 1972; Eruz, 1979).

Yetiştirme ortamı bileşenleri olarak, doğal ve yapay mineraller, geri dönüştürülmüş veya atık malzemeler ve organik maddeler genellikle yetiştirme ortamı bileşenlerini oluşturmaktadır. İstisna olarak bazen kütle yoğunluğunu azaltmak için bu bileşenlerle birlikte sentetik plastik malzemelerde kullanılmaktadır (Ampim ve diğ., 2010). Doğal şekilde oluşan doğal minerallere kum, kil ve çakıl laboratuvarlarda yapay olarak elde edilen genişletilmiş şist, perlit, vermikülit ve taşyünü yapay minerallere örnek verilebilir (Ampim ve diğ., 2010). Malzemelerin parçalanması ya da kırılması işlemi ile geri dönüştürülerek oluşturulmuş malzemelere kırılmış tuğla ve kiremit ile parçalanmış moloz örnek olarak verilebilir (Ampim ve diğ., 2010). Kullanıldıktan sonra atılan atık malzemelere çeltik kavuzu ve çay artığı örnek gösterilebilir (Ekşi ve diğ., 2017). Organik maddelere tarımsal açıdan ölü bitkisel ve hayvansal atıklar olan torf, kompost, ayrıştırılmış talaş veya ağaç kabuğu örnek verilebilir.

Sentetik plastik malzemelere strafor ve üre-formaldehit reçine köpükleri örnek gösterilebilir (Ampim ve diğ., 2010). Ulusal çalışmalarda yetiştirme ortamı olarak değerlendirilen (denemeye tabi tutulan) çeşitli maddeler araştırılarak Tablo 1'de listelenmiştir. Buna bağlı olarak bu maddelerin belirli oranlarda karıştırılmasıyla oluşturulan bazı deney desenleri karışımları Tablo 2'de yer almaktadır.

Tablo 1: Yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamı olarak değerlendirilen maddeler.

Türkçe Adı	**Literatür Adı**	**Özellik**	**Kaynak**
Kum	Sand	Doğal Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Kil	Clay	Doğal Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Volkan Tüfü	Scoria (Volcanic Rock, Lava, Lava Rock, Tuff)	Doğal Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Ponza	Pumice	Doğal Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Kırma Taş	Gravel	Doğal Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Perlit	Perlite	Yapay Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Vermikülit	Vermiculite	Yapay Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Genleştirilmiş Kil, Şist ya da Arduvaz	Expanded Shale, Clay And Slate	Yapay Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Taşyünü	Rockwool	Yapay Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Genleştirilmiş Hafif Kil Granülleri	Light Expanded Clay Granules	Yapay Mineral	Ampin ve diğ., 2010
Tuğla ya da Kiremit Kırıkları	Crushed Clay Bricks, Tiles Or Brick Rubble	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Ampin ve diğ., 2010
Beton Kırıkları	Crushed Concrete	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Ampin ve diğ., 2010
Boşluklu Beton	Aerated Concrete	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Ampin ve diğ., 2010
Toprak (Çeşitli Toprak Profilleri)	Subsoil	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Ampin ve diğ., 2010
Strafor	Styrofoam	Sentetik	Ampin ve diğ., 2010
Poliüretan Köpük	Urea-Formaldehy Resin Foam	Sentetik	Ampin ve diğ., 2010
Torf	Peat	Organik Madde	Ampin ve diğ., 2010
Hindistan Cevizi Kabugu Lifleri / Tozu	Coir Fiber Dust	Organik Madde	Ampin ve diğ., 2010
Ağaç Kabuğu Kompostu	Bark Composts	Organik Madde	Ampin ve diğ., 2010
Kümes Hayvanları Kompostu	Poultry Litter Composts	Organik Madde	Ampin ve diğ., 2010
Bahçe Atıkları Kompostu	Yard Waste Composts	Organik Madde	Ampin ve diğ., 2010
Solucan Gübresi	Worm Castings	Organik Madde	Ampin ve diğ., 2010
Uçucu Kül / Termik Santral Fırınlarından Arda Kalan Kül / Kömür Külü	Black Coal Power Station Bottom-Ash	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Szota ve diğ., 2017
Zeolit	Zeolite	Doğal Mineral	Baryla ve diğ., 2018
Cüruf	Slag	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Baryla ve diğ., 2018
Kireç ya da Kireç Taşı	Lime	Doğal Mineral	Baryla ve diğ., 2018
Çakıl (Yuvarlak)	Pebbles	Doğal Mineral	Dunnet ve Kingsbury, 2010
Humus	Humus	Organik Madde	Dunnet ve Kingsbury, 2010

Tablo 1 (devam): Yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamı olarak değerlendirilen maddeler.

Axis	Axis	Yapay Mineral	Alsup ve diğ., 2010
Arkalit	Arklayte	Yapay Minerala	Alsup ve diğ., 2010
Haydite	Haydite	Yapay Mineral	Alsup ve diğ., 2010
Lassenite	Lassenite	Yapay Mineral	Alsup ve diğ., 2010
Kömür Dibi	Coal Bottom Ash	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Alsup ve diğ., 2010
Çeltik Kavuzu	Ricehulls	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Papafotiou ve diğ., 2001; Ekşi ve diğ., 2017
Talaş	Sawdust	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Retzlaff ve diğ., 2008; Yıldız ve diğ., 2003; Ekşi ve diğ., 2017
Odun Kömürü	Biochar	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Beck ve diğ., 2011; Ekşi ve diğ., 2017
Çay Artığı	Tea Waste	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Ekşi ve diğ., 2017
Kentsel Atıklardan Üretilen Belediye Kompostu	Municipal Compost	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Mays ve diğ., 1973; Mkhabela ve Warman, 2005; Ekşi ve diğ., 2017
Çimento	Cement	Yapay Mineral	Graceson ve diğ., 2014; Ekşi ve Rowe, 2016; Ekşi ve diğ., 2017
Seramik	Ceramik	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Graceson ve diğ., 2014; Ekşi ve Rowe, 2016; Ekşi ve diğ., 2017
Köpük Haline Getirilmiş Cam Atıkları	Foamed Glass Waste	Atık ya da Geri Dönüştürülmüş	Ekşi ve Rowe, 2016; Ekşi ve diğ., 2017
Zincolit	Zincolit	Yapay Mineral	Ekşi ve diğ., 2017
Hayvansal Gübreler	Animal Fertilizers	Organik Madde	Monterusso ve diğ., 2005; Rowe ve diğ., 2006; Perez-Esteban ve diğ., 2012; Ekşi ve diğ., 2017

Tablo 2: Bazı deneysel yeşil çatı yetiştirme ortamlarının bileşimleri.

Karışım	**Malzemeler**	**Karışım Oranı**	**Kaynak**
Manure (Gübre)	Cattle Manure+Water (Sığır Gübresi+Su)	08:01:01	Welke, 2008
	Chicken Manure+Water (Tavuk Gübresi+Su)	08:01:01	Welke, 2008
Compost (Kompost)	Scoria (Volcanic Rock, Lava Rock Or Tuff)+ Horticultural Grade Coir (Cüruf+Hindistancevizi lifi)	08:02	Szota ve diğ., 2017
	Crushed Terracotta Roof-Tile+ Horticultural Grade Coir (Kırılmış kiremit parçaları+Hindistancevizi lifi)	08:02	Szota ve diğ., 2017
	Black Coal Power Station Bottom-Ash+ Horticultural Grade Coir (Uçucu Kül+Hindistancevizi lifi)	08:02	Szota ve diğ., 2017
Substrate Mixes (Yetiştirme ortamı karışımları)	Green Waste+Brick (Bahçe atıkları+tuğla parçaları)	02:08	Young ve diğ., 2014
	Green Waste+ Brick+Swellgel (Bahçe atıkları+tuğla parçaları+Swellgel))	02:07.99:0.01	Young ve diğ., 2014

Tablo 2 (devam): Bazı deneysel yeşil çatı yetiştirme ortamlarının bileşimleri.

	Bark Waste+Brick (Ağaç Kabuğu atıkları+tuğla)	02:08	Young ve diğ., 2014
	Bark Waste+Brick+Swellgel (Ağaç Kabuğu atıkları+tuğla+Swellgel)	02:07.99:0.01	Young ve diğ., 2014
	(Scoria+Compost) Cüruf+Kompost	08:02	Küçük, 2018
	Pumice+Compost (Ponza+Kompost)	08:02	Küçük, 2018

2.2.2. Uluslararası Yönergeler Kapsamında Yetiştirme Ortamları Ölçütleri

Dünyada çeşitli uygulama yönergeleri bulunmaktadır. 1980'li yılların başlarında Almanya'da FLL (Peyzaj Araştırma, Geliştirme ve Konstrüksiyon Topluluğu) tarafından ortaya konulan kabul görmüş bu ilkeler, bir yeşil çatı planlama, uygulama ve bakım kılavuzudur. Bu nedenle, tez çalışmasının ana odağını oluşturan yetiştirme ortamlarının, FLL (2008) ölçütleri kapsamında değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Bu bölümde 2008 yılında yayınlanmış FLL kılavuzunun yetiştirme ortamı özellikleri ve derinlikleri incelenmektedir.

Yetiştirme ortamları FLL kılavuzunda malzeme grupları ve tipleri, gereksinimleri ve yapısı olmak üzere üç ana başlık halinde bulunmaktadır. FLL (2008)'e göre malzemelerinin tipleri ve grupları kullanılacak yeşil çatı sistemlerinin tipine ve kullanılacak malzemelere bağlı olarak değişmektedir. Malzeme grupları toprak karışımları, yetiştirme ortamı tabakaları ve serilmeye hazır bitki örtüsü (vejetasyon örtüleri) olarak ayrılmaktadır. Bunlar;

- Toprak karışımları ıslah edilmiş alt / üst tabaka toprağı (besin maddesi bakımından zenginleştirilmiş bahçe toprakları)
- Mineral agregalı (organik madde içeren / içermeyen, gözenekli veya yoğun tane yapılı) olabilir.
- Yetiştirme ortamı tabakaları köpük malzemeden imal edilmiş ya da mineral liflerden imal edilmiş olabilirler.
- Serilmeye hazır bitki örtüsü (vejetasyon örtüleri) mineral / organik agrega karışımı, kalıcı veya ayrıştırılabilen ya da yapısal fonksiyonellik işlevine sahip olabilmektedir.

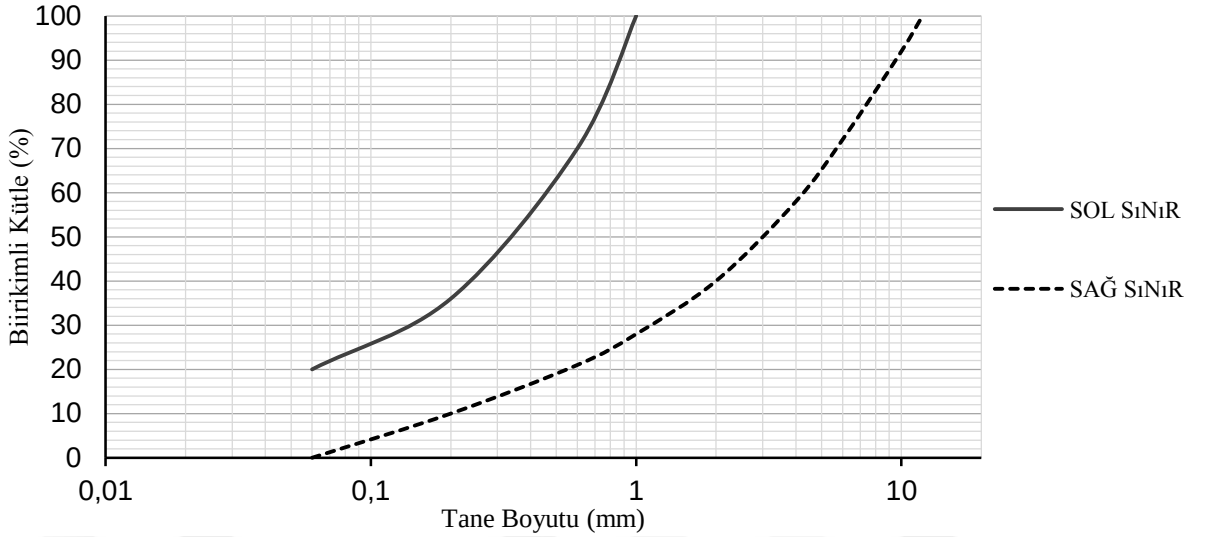
Yetiştirme ortamlarının boyutlarını ve materyalini kullanılacak olan bitki örtüsünün istekleri ve yapısal katmanlardaki gereksinimleri belirlemektedir. Drenaj yapısı, tasarım yükü ve koruma fonksiyonu yapısal katmanlardaki gereksinimleri, bitki örtüsü ve bitkilendirme tipinin ihtiyaçları tarafından arzu edilen talepler, işlevsel açıdan uzun ömürlü olması ve bitki

yetiştirme ve bakım masraflarının en aza indirgenmesi bitki örtüsünün isteklerine bağlıdır. Yetiştirme ortamı gereksinimleri kullanılacak bitki türüne bağlı olarak değişmektedir. Bitki örtüsü tipleri için yetiştirme ortamı tipleri çatı bahçesi, yeşil çatı ve tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı olarak ayrılmaktadır. FLL kılavuzunda yetiştirme ortamları gereksinimleri; çevreye uyumluluk, bitkisel doku ile uyumluluğu, yangın özellikleri, tane boyutu dağılımı, organik madde içeriği, dona dayanıklılığı, agrega ve toprak karışımlarının yapısal durağanlığı, sıkıştırma altında yetiştirme ortamı tabakalarının davranışı, su geçirgenliği, su tutma kapasitesi, hava içeriği, pH değeri, tuz içeriği, besin maddesi içeriği, su emme kapasitesi, tohum gelişimi/rejeneratif bitki parçaları ve yabancı madde oranı olarak ele alınmıştır.

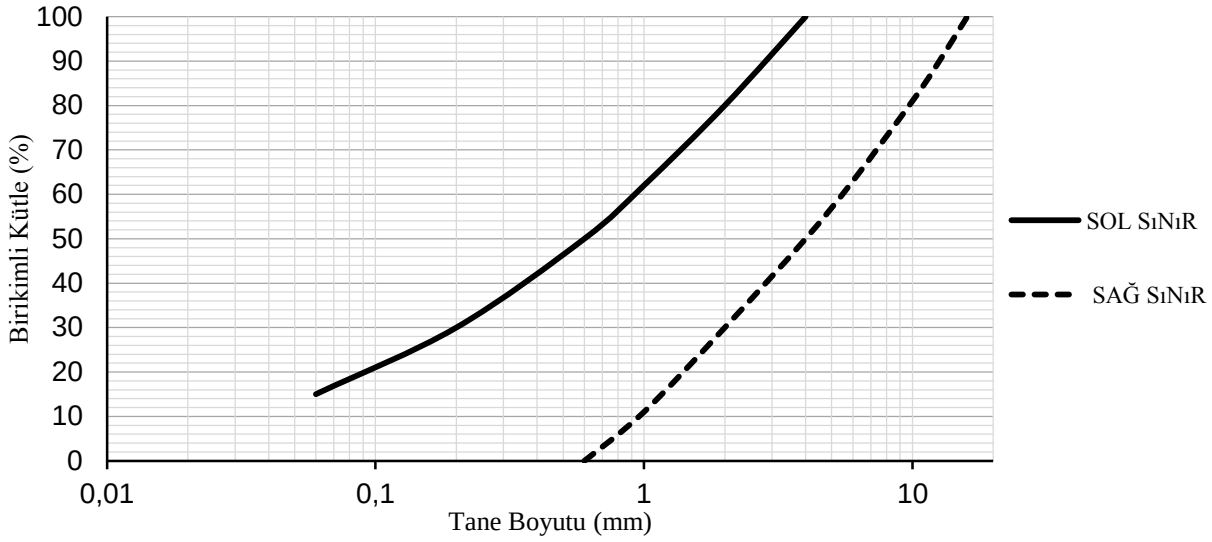
Toprak tekstür, kum, toz ve kil tane boyutu sınıflarının karışım oranlarına göre toprağın *"*tanelilik*"* özelliğini ifade eden bir deyimdir. Bu açıklamaya göre "tekstür, topraktaki tane büyüklüğü dağılımının ifadesidir" şeklinde bir tanımlama da yapılabilir (Çepel, 1988). Yetiştirme ortamı içinde kil ve toz karışımı içeriği çatı bahçelerinde %20'sinden yeşil çatılarda %15'inden ve tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatılarda ise kütlesinin %10'undan fazla olmaması gerekmektedir. Tane yapısı ise yetiştirme ortamının derinliğine bağlıdır. 10 cm'ye kadar olan yetiştirme ortamlarında tane çapı 12 mm, 10 cm'den fazla olan yetiştirme ortamlarında ise 16 mm'yi aşmaması gerekmektedir. Yeşil çatı tiplerine göre yetiştirme ortamlarının tane dağılımları için Tablo 3'de verilen sınır değerlerine göre standart grafikler hazırlanmıştır (Şekil 5; Şekil 6; Şekil 7). Oluşturulan yetiştirme ortamlarının tane dağılımı tespit edildikten sonra kullanılacak yeşil çatı tiplerine göre hazırlanan tane dağılımı grafiklerle karşılaştırılarak tane bakımından uygun olup olmadığı belirlenmektedir.

Tablo 3: FLL standartlarına göre yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri (FLL, 2008).

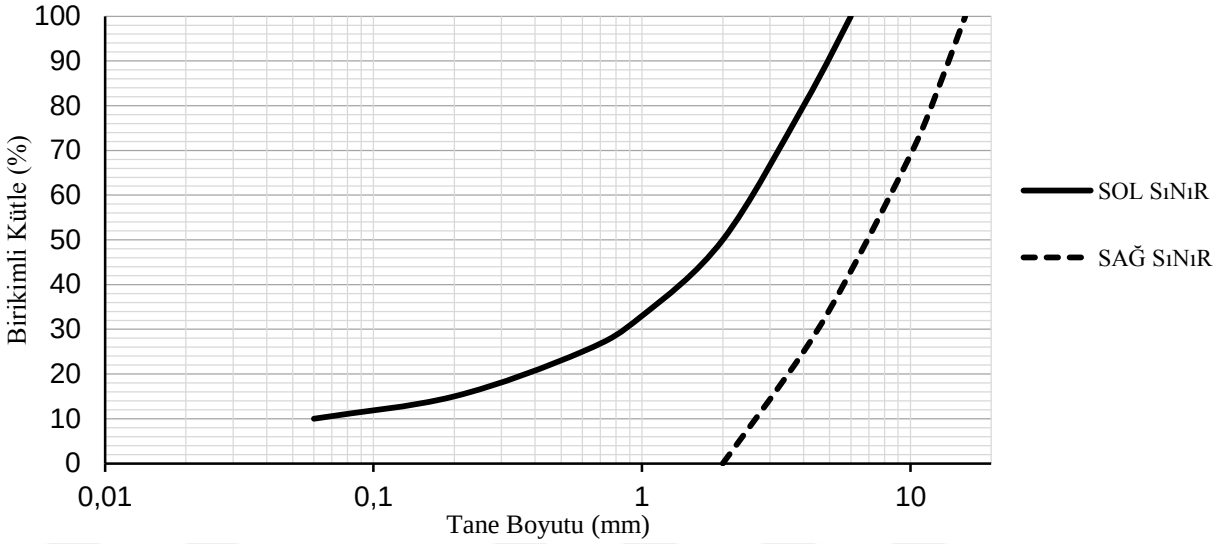
Elek Açıklığı (mm)	**Çok Katmanlı**				**Tek Katmanlı**	
	Çatı Bahçesi		**Yeşil Çatı**		**Çatı Bahçesi ve Yeşil Çatı**	
	Sol Sınır	Sağ Sınır	Sol Sınır	Sağ Sınır	Sol Sınır	Sağ Sınır
0,06	20	0	15		10	
0,2	36	10	30		15	
0,6	70	21	50	0	25	
1	100	28	62	11	33	
2		40	80	30	50	0
4		58	100	50	80	25
6		72		63	100	43
10		92		81		69
12		100		88		80
16				100		100



Şekil 5: FLL standartlarına göre çatı bahçeleri yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri grafiği (FLL, 2008).



Şekil 6: FLL standartlarına göre yeşil çatı yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri grafiği (FLL, 2008).



Şekil 7: FLL standartlarına göre tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı yetiştirme ortamlarının tane dağılımı sınır değerleri grafiği (FLL, 2008).

Yetiştirme ortamlarında organik içerikler yeşil çatı tiplerine göre ve bitki isteklerine değişmektedir. Çatı bahçelerinde 90 g/l, yeşil çatılarda 65g/l ve tek katmanlı çatı bahçeleri ve yeşil çatılarda ise 40g/l'den fazla olmamalıdır.

Mineral maddelerin dona dayanıklılığı imalatçı tarafından sağlanmaktadır. Beton veya doğal taş gibi yapı malzemelerinin donma direncileri yüksek seviyede statik ve dinamik gerilmelere maruz kalan malzemeler ve bileşenlere dayanmaktadır. Kullanılacak bitki örtüsü açısından yetiştirme ortamlarında bu malzemelerin değerlendirmesi sınırlı tutulmalıdır.

Yetiştirme ortamı maddelerin tane dağılımı ve şekillerinin belirlenmesi yetiştirme ortamı olarak kullanılacak agrega ve toprak karışımlarının yapısal ve yatak stabilitesi açısından önemlidir. Çalışma alanında yetiştirme ortamları serildikten sonra zamanla kendi ağırlığı ve hava koşulları sebebiyle içerisinde bulunan hava ve su boşlukları azalmaktadır. Bu durum yetiştirme ortamlarında çökmeye neden olmaktadır. 50cm'e kadar olan yetiştirme ortamlarında toplam derinliğinin %10'unu 50cm'den fazla olan derinliklerde 5cm'i geçmemelidir.

Uzun süreli düşey yükler altında yetiştirme ortamı tabakalarında sıkışma meydana gelmektedir. 30–50cm'e kadar olan kalın yetiştirme ortamlarında toplam derinliğinin %20'ini 50cm'den fazla olan derinliklerde 10cm'i geçmemelidir.

Yetiştirme ortamlarındaki su geçirgenliği drenaj katmanı için planlanan yapı tipine uygun olacak şekilde ayarlanmalıdır. Çatı bahçelerinde 0.3–30mm, yeşil çatılarda 0.6–70mm ve tek katmanlı çatı bahçelerinde ve yeşil çatılarda 60–400mm arasında olması gerekmektedir. Yetiştirme ortamları tabakalarının su geçirgenliği için yapılan Tablo 4'de çatı bahçelerinde en az 0.3mm, yeşil çatılarda en az 0.6mm ve tek katmanlı çatı bahçelerinde ve yeşil çatılarda en az 60mm olduğu görülmektedir.

Tablo 4: Yetiştirme ortamları tabakalarının su geçirgenliği karşılaştırılması (FLL, 2008).

	cm/s	mm	m/s	m/s	~l/m²/h
Çatı bahçesi	0.0005	>0.3	0.000005	5.00E-06	18
Yeşil çatı	0.001	>0.6	0.00001	1.00E-05	36
Tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı	0.1	>60	1	1.00E-03	3600

Su tutma kapasitesi çatı bahçelerinde hacminin %45'inden yeşil çatılarda hacminin %35'inden tek katmanlı çatı bahçelerinde hacminin %30'undan ve tek katmanlı yeşil çatılarda hacminin %20'inden fazla olmalıdır. Su tahliyesinin engellenmemesi için maksimum su kapasitesi yetiştirme ortamlarında %65'i geçmemelidir.

Toprak–su ilişkilerinde en önemli birim olan pF, basıncın cm su sütunu (cmSS) olarak yüksekliğinin logaritmasıdır. 10 cmSS değerindeki basınç log10 = 1pF'dir. Toprakta en yüksek emme gücü (basınç) 10000 atm olduğuna göre: 10000 atm = 1033*10000 ~ 107cmSS = 7log10Pf = 7Pf olmaktadır (Çepel, 1993). Yetiştirme ortamlarında pF tek katmanlı yeşil çatı sistemlerinde kullanılmamalıdır.

Yetiştirme ortamı maksimum su tutma kapasitesine ulaştığında içerisindeki hava miktarı hacminin %10'undan az olmamalıdır. Eğer bulunan hava içeriği değeri düşükse 1.8pF (büyük gözenek oranı) başka bir ifadeyle hacminin %20'inden daha büyük bir değer kullanılabilir.

Yetiştirme ortamlarında kullanılacak bitki türlerinin gereksinimleri dikkate alındığında pH değerleri 6.0–8.5 arasında olmalıdır. Çözülebilir tuz içeriği yoğun yeşil çatı sistemlerinde ki yetiştirme ortamlarında 2.5 g/l seyrek yeşil çatı sistemlerinde ki yetiştirme ortamlarında 3.5 g/l'i aşmamalıdır. Eğer su ekstraktında ki çözünebilir tuz içeriği bu değerler arasında yer almıyorsa ekstrakttaki tuz içeriğini belirlemek için ek bir test yapılmalıdır. Testler sonucunda

doymuş alçıtaşı değerlendirildiğinde yoğun yeşil çatı sistemlerinde ki yetiştirme ortamlarında 1.5 g/l seyrek yeşil çatı sistemlerinde ki yetiştirme ortamlarında 2.5 g/l'i aşmamalıdır. Yetiştirme ortamlarında bulunan tuz içerikleri miktarı olabildiğince az olmalıdır. Hassas bitkilerde ise tuz içeriği 1.0 g/l aşmamalıdır (FLL, 2008).

Yetiştirme ortamlarındaki besin maddesi içeriği olabildiğince düşük tutulmalı ve Tablo 5'de ki değerleri aşmamalıdır. Tablo 5 incelendiğinde Azot miktarı 80mg/l'den, Fosfat miktarı 200mg/l'den, Potasyum miktarı 700mg/l'den ve Magnezyum miktarı 200mg/l'den az olmalıdır. Zaman içerisinde yetiştirme ortamlarında kaybolan besin içerikleri gübreleme ile tekrardan geri getirilebilir.

Tablo 5: Yetiştirme ortamlarında besin maddeleri içerikleri (FLL, 2008).

Besin	N		$P_2\ O_5$		$K_2\ O$		Mg	
Test Methodu	$CaCl_2$	CAT	CAL	CAT	CAL	CAT	$CaCl_2$	CAT
Besin İçeriği	≤ 80	≤ 80	≤ 200	≤ 50	≤ 700	≤ 500	≤ 200	≤ 200

Yeşil çatı sistemlerine serilen yetiştirme ortamları hiçbir canlı bitki içermemelidir. Yetiştirme ortamı olarak toprak kullanılacaksa tohumların çimlenmeme risklerini önlemek için alt toprak tabakası kullanılmalıdır.

Yetiştirme ortamlarında belirlenen karo, cam, seramik gibi yabancı maddeler kütlece % 0.3'ü ve metal ya da plastik gibi yabancı maddeler kütlece % 0.1'i geçmemelidir.

Yetiştirme ortamlarında istenilen özel derinlik serilme sonrası söz konusu malzeme için sıkıştırılarak elde edilebilir.

Her bir tabaka serileceği yere yapıya zarar vermemek için kuru olarak yerleştirilmelidir. Yetiştirme ortamını nemli tutmak, yüzeyin kurumasını engellemek ve rüzgar erozyonu ile aşınmasını önlemek için kalıcı bir sulama düzenlemesi yapılabilir. Kurulum ve bitkilendirme aşamaları arasında uzun bir zaman aralığı varsa, erozyonu önlemek için ek önleyici tedbirler gerekebilir. Çalı ve ağaççık dikilen alanlar, korunmaları için dikildikten sonra uygun malzemelerle malçlanabilir. Malç, su ve hava içeriği bakımından yetiştirme ortamının işlevselliğini etkilememelidir. Yetiştirme ortamındaki ince malzeme rüzgar erozyonu sebebiyle uçabilir. Bu sebepten dolayı tane çap oranı bozulmaktadır. Bunun önüne geçmek

için yetiştirme ortamlarında daha yüksek oranda çap büyüklüğüne sahip maddeler kullanılabilir.

Yetiştirme ortamlarında derinlik yeşil çatı tipine, çatı eğimine, yapısal yüküne, su tutma kapasitesine, kullanılacak bitki türlerine ve materyallere bağlıdır. Ayrıca bölgesel hava koşulları da derinlik seçiminde etkin rol oynamaktadır. Agrega içiren tek katmanlı yeşil çatı sistemlerinde en az 6 cm derinlik olmalıdır. Tablo 6'da yeşil çatı tiplerinde kullanılan çeşitli bitki türleri grupları için standart yetiştirme ortamı derinliği verilmiştir. Tablo 6 incelendiğinde yeşil çatılarda derinlik 4–20 mm arasında, çatı bahçelerinde derinlik 15–200 mm ve yarı çatı bahçelerinde derinlik 12–100 mm arasında değişmektedir.

Tablo 6: Çeşitli bitki türleri grupları için standart yetiştirme ortamı derinliği (FLL, 2008).

Yetiştirme Ortamı Derinliği (cm)			4	6	8	10	12	15	18	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	90	100	125	150	200
Yeşil Çatı Tipi Ve Bitki Örtüsü Türleri	Yeşil Çatı	Yosun-Sedum	■	■	■																			
		Sedum-Yosun-Otsu Bitkiler		■	■	■																		
		Sedum-Otsu-Çim Bitkisi				■	■	■																
		Çim-Otsu Bitkisi						■	■	■														
	Yarı Çatı Bahçesi	Çim-Otsu Bitkisi					■	■	■	■	■	■	■											
		Yabani Çalı-Çalılık					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
		Çalılık Ve Çalılar						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
		Çalılık								■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■			
	Çatı Bahçesi	Çim						■	■	■	■	■	■											
		Alçak Çalılık Ve Çalılar						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
		Orta Yükseklikte Çalılık Ve Çalılar								■	■	■	■	■	■	■	■	■						
		Uzun Çalılar Ve Çalılık											■	■	■	■	■	■	■					
		Büyük Çalılar Ve Küçük Ağaçlar															■	■	■	■	■	■		
		Orta Boylu Ağaçlar																		■	■	■	■	■
		Büyük Ağaçlar																					■	■

3. MALZEME VE YÖNTEM

Tez çalışması iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada uluslararası ve ulusal makaleler, tezler, kitaplar, dergiler ve internet gibi çeşitli kaynaklar taranarak yeşil çatılarda yetiştirme ortamı olarak kullanılan malzemelerin araştırması yapılmıştır. İkinci aşamada birinci aşamada yapılan literatür araştırması sonucunda belirlenen malzemelerle Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonu (İÜYAP) alanında yeşil çatı deney desenlerinin (düzenekleri) kurulumunu ve bu deneye bağlı çeşitli ölçümler yapılarak elde edilen verilerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

3.1. MALZEME

3.1.1. Çalışma Alanının Özellikleri

Deneysel çalışma İstanbul'un kuzeyinde Sarıyer-Bahçeköy mevkiinde denizden yaklaşık 117 metre yüksekliğinde Belgrad Ormanı'na yakın bir konumda 41°10'29" kuzey 28°59'28" doğu koordinatlarında bulunan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi içerisinde bulunan Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonu (İÜYAP) alanında gerçekleştirilmiştir (Şekil 8). Çalışma alanının bulunduğu konumu itibariyle doğu cephesinde yüksek şev ve ağaçlık alan, güney cephesinde tek katlı Yeşil Çatı Araştırma binası, kuzey cephesinde boş düz bir alan ve batı cephesinde tali yol bulunmaktadır.



Şekil 8: Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonu (İÜYAP) (18.04.2019).

Marmara (geçiş) iklimi, Marmara Bölgesi'nin kuzey Ege'yi de içine alacak şekilde güney kesiminde görülür. Kışları Akdeniz iklimi kadar ılık, yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. Karasal iklim kadar kışı soğuk, yazı da kurak geçmemektedir. Bu özelliklerden dolayı Marmara iklimi, karasal Karadeniz ve Akdeniz iklimleri arasında bir geçiş özelliği göstermektedir (Sensoy ve diğ., 2001). Yaz ayları genellikle sıcak geçen, kış ayları bölgeyi etkisi altına alan sistemlere bağlı olarak fazla soğuk geçmeyen İstanbul, Akdeniz ikliminin özelliklerini taşıyor görünse de, Marmara Denizi ve İstanbul Boğazı'nın etkisiyle farklı özellikler taşır. Kış aylarında Karadeniz'den gelen soğuk-kuru hava kütlesi ile Balkanlardan gelen soğuk-yağışlı hava kütlesinin, özellikle Akdeniz'den gelen ılık ve yağışlı güneyli hava kütlelerinin etkisi altındadır. Bütün ilde Karadeniz'in soğukça yağışlı (poyrazlı) havasıyla Akdeniz'in ılık (lodoslu) havası birbirini izler. İlde yaz-kış, gece-gündüz arasında büyük ısı farkları görülmemektedir (Kuşçu Şimşek, 2012).

Küçük (2018) tarafından yapılan çalışma alanının içinde bulunduğu Sarıyer/Bahçeköy'ün Meteoroloji İstasyonu'na ait Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri (MGM)'nden alınan 1950-2015 yılları arasındaki 65 yıllık iklimsel veriler incelendiğinde çalışma alanının İstanbul'un kent içindeki bir ortamına göre daha yağışlı, nemli ve serin olduğu görülmektedir. İstanbul ve Bahçeköy'ün yıllık ortalama sıcaklık ve yağış miktarları karşılaştırıldığında çalışma alanının 1°C daha düşük sıcaklığa ve 74 mm fazla yağışa sahip olduğu tespit edilmiştir.

3.2. YÖNTEM

Deney desenleri oluşturulmadan önce ilk olarak yetiştirme ortamlarında kullanılacak maddeler ile ilgili geniş kapsamlı literatür araştırması yapılmıştır. Çalışma desenleri için seçilen çeşitli malzemelerden yetiştirme ortamları karışımları hazırlanmıştır. Kullanılacak doğal ve egzotik bitki türleri gerek yayılış gösterdiği alandan toplanarak gerekse fidanlıkta yetiştirilerek ya da satın alınarak temin edilmiş ve deney düzenekleri oluşturularak bitkiler ve yetiştirme ortamlarında çeşitli ölçümler yapılmıştır. Yeşil çatı deney desenlerinin kurulabilmesi ve ölçümlerin yapılabilmesi için gerekli olan yeşil çatı katmanları, yetiştirme ortamı malzemeleri, meteorolojik ölçüm cihazları, çevresel ölçüm ekipmanları ve destekleyici ekipmanlar Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonundan (İÜYAP) temin edilmiştir.

Oluşturulan deney desenlerinde çalışma boyunca meteorolojik ölçümler, bitki ve yetiştirme ortamları ölçümleri yapılmıştır. Meteorolojik değişkenler çalışma boyunca ölçülerek yetiştirme ortamlarının ve bitkilerin çevresel etmenlere karşı verdiği tepkiler değerlendirilmiştir. Yetişme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine dair analizler yapılmıştır. Ayrıca çalışma boyunca yetiştirme ortamlarının nem ölçümleri yapılmış bitki gelişimine yapacağı katkıları değerlendirilmiştir.

Bitkiler üzerinde ise çalışma ortamı içerisinde ve yetişme ortamları koşullarında göstermiş oldukları gelişimleri belirleyebilmek için çalışmanın başında ve sonunda olmak üzere bitkilerin toprak altı (kök) ve toprak üstü (gövde) gelişim organları ayrı ayrı parçalara ayırılıp yaş ve kuru ağırlıkları belirlenip canlı kütle ölçümleri yapılmış, bitkilerin zamanla gösterdiği değişimleri değerlendirebilmek için bitki büyüme endeksleri ve çalışma süresi boyunca iklimsel, çevresel, yetiştirme ortamı ve birbirleriyle olan ilişkilerinden kaynaklanan stres düzeyleri (Fv/Fm) ölçümleri yapılmış ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

3.2.1.Deney Düzeneklerinin Kurulması

Deney desenlerinin çalışma alanındaki konumları 20.03.2018 tarihinde belirlenmiştir. Çalışmada kullanılacak deney desenleri deneysel hatayı giderme imkanı tanıması ve faktör etkilerini çok daha kesin olarak değerlendirmesini sağlaması gibi iki temel özelliğinden dolayı (Karslıoğlu, 2013) 3 tekrar olarak 9 adet plastik deney kutusundan oluşmaktadır. Plastik deney kutuları (Benoplast Plastik A.Ş., İstanbul) 60x80 cm dış ölçülere, 55x75 cm iç ölçülere ve 0.05 m^3 hacme sahiptir (Şekil 9). 85 cm yüksekliğindeki tezgahların üstüne konumlandırılacak bu deney kutularını yerleştirmeden önce 26.04.2018 tarihinde tel kafes örgü olan tezgahların üzerine tezgah altına gelen güneş ışınlarının deney kutularına yansıyıp kutuların aşağıdan ısınmasını engellemek için, kutuların altına 3 cm kalınlığında EPS yalıtım levhaları konulmuştur (Şekil 10).



Şekil 9: Çalışmada kullanılan plastik deney kutuları (18.04.2018).



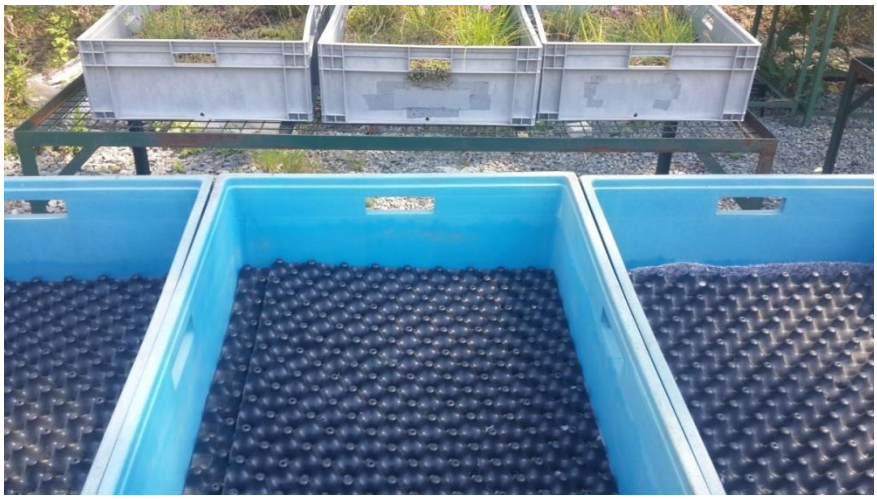
Şekil 10: Çalışma alanında kullanılan tel kafes örgülü tezgahlar ve EPS levhalar ile oluşturulan yalıtım (18.04.2018).

Deney kutuları yerleştirilirken drenaj deliklerinin olduğu tarafa doğru fazla suyun akabilmesi için tezgahların altına destek konularak doğudan batıya doğru %1 eğim verilmiştir. Deney kutularının içerisine alttan üste doğru sırasıyla yağışın olmadığı zamanlarda yetiştirme ortamlarını buharlaşmaya yoluyla nemli bırakarak bitkilerin su ihtiyacını karşılayacak 55x75 cm ebatlarında su tutucu keçe (Şekil 11) (SSM 45, Onduline Avrasya A.Ş., İstanbul) (Ekşi, 2006), yağış ya da sulama sonrası fazla suyun drene olmasından sonra oluklarında su

biriktiren ve gerisini su tutucu keçeye aktaran 55x75 cm ebatlarında drenaj katmanı (Şekil 12) (Maxidrain25, Net Yapı Malzemeleri İnş. Taah. San. Tic. Ltd. Şti., İstanbul), yetiştirme ortamı maddelerinin yağışla birlikte gitmesini önlemek ve bitki köklerini tutarak yeşil çatı sistem katmanlarına zarar vermesini önlemek için 60x80 cm ebatlarında filtre örtüsü katmanı (Şekil 13) (TenCate Polyfelt TS10, Koninkljke Ten Cate NV, Hollanda) deney kutularının içine sığacak ölçülerde kesilerek uluslararası ölçütlere uygun biçimde (FLL, 2008) yerleştirilmiştir.



Şekil 11: Deney desenlerinde kullanılan su tutucu keçe (18.04.2018).



Şekil 12: Deney desenlerinde kullanılan drenaj katmanı (18.04.2018).



Şekil 13: Deney desenlerinde kullanılan filtre örtüsü katmanı (18.04.2018).

Yerleştirilen katmanların üzerine 10 cm derinliğinde yetiştirme ortamı serilmiştir. Yetiştirme ortamlarının bileşenleri ve hazırlanması 3.2.2. Yetiştirme ortamlarının seçimleri adlı başlıkta ayrıntılı olarak irdelendiği için burada ayrıca bilgi verilmeyecektir.

Bitkiler yetiştirme ortamlarına dikilmeden daha öncesinde alana getirilerek su ve besin maddelerini iyi derecede tutan perlit ve besleyici değeri yüksek, organik içeriği ve su tutma kapasitesi yüksek olan kompost karışımlı geçici yetiştirme ortamında bekletilmiştir. Bitkilerin alana erken getirilmesindeki sebep çalışma alanının iklimine erkenden ayak uydurması ve iklimden doğacak zaiyatların çalışmadaki yetiştirme ortamına alınmadan olması istenmesidir (Küçük, 2018).

Çalışmada doğal ve egzotik olmak üzere yedi çeşit bitki türü seçilmiştir. Kullanılan bitkilerin kuraklığa dayanıklı türler olmasına dikkat edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan bitki türleri Tablo 7'de listelenmiştir. Bu listede görüldüğü üzere *L. spectabilis* ve *D. chinensis* egzotik türler *A. schoenoprasum, S. thirkei, Cistus spp., S. album* ve *S. lydium* doğal türlerdir.

S. thirkei İstanbul'un Sarıyer ilçesinde 41°16'82" kuzey 29°00'89" doğu koordinatlarında[7] yer alan İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanından 03.05.2018 tarihinde kürekler yardımıyla topraktan çıkartılarak çıplak kök olarak toplanmış ve çalışma alanına getirilerek plastik kutulara dikilmiştir. *Cistus spp.* İstanbul Üniversitesi-

[7]https://earth.google.com/web/@41.16822258,29.008949,68.29004758a,1241.94931849d,35y,0h,0t,0r (Ziyaret Tarihi: 02.04.2019)

Cerrahpaşa Orman Fakültesinin serasından temin edilmiştir. *L. spectabilis* ve *D. chinensis* 19.04.2018 tarihinde Sarıyer'de fidanlıktan alınmıştır. *A. schoenoprasum, S. album* ve *S. lydium* ise Yeşil Çatı Araştırma Projesi Gözlem İstasyonundan (İÜYAP) temin edilmiştir. Alana getirilen bitkiler dikim sonrasında yaşanabilecek kayıplar göz önüne alınarak gereğinden fazla alınmıştır. Şekil 14'te çalışmada kullanılan bitkilerin resimleri verilmiştir.

Tablo 7: Çalışmada kullanılan bitkiler ve özellikleri.

Latince İsimleri	Türkçe İsimleri	Familyası	Doğal	Egzotik
Lampranthus spectabilis	Acem Halısı	*Aizoaceae*		X
Dianthus chinensis	Çin Karanfili	*Caryophyllaceae*		X
Allium schoenoprasum	Frenk Soğanı	*Alliaceae*	X	
Cistus spp.	Laden	*Cistaceae*	X	
Stachys thirkei	Kestere	*Lamiaceae*	X	
Sedum album	Dam Koruğu - Çoban Kavurgası	*Crassulaceae*	X	
Sedum lydium	Ege Koruğu	*Crassulaceae*	X	

* *Cistus* türleri doğadan toplanan tohumlarla üretildiği için tür düzeyinde *C. salviifolius (Adaçayı Yapraklı Laden)* **ve** *C. creticus (Tüylü Laden)* olarak iki tür kullanılmıştır.

Tez çalışmasının deneysel kısmında yeşil çatı sistemlerinde denenmek üzere seçilen *L. spectabilis, D. chinensis, A. schoenoprasum, C. salviifolius, C. creticus, S. album* ve *S. lydium* bitkilerinin takson özellikleri Tablo 8'de verilmiştir. *L. spectabilis* ve *D. chinensis* türleri hariç diğer türlerin verileri TÜBİVES'ten alınmıştır. Egzotik türler olmasından dolayı *L. spectabilis* ve *D. chinensis* türlerinin verileri çeşitli kaynaklar taranarak elde edilmiştir.

Hazır olan deney kutularının içerisine bitkiler dikilmeden önce dikilecekleri yerlere işaretlemeler yapılmıştır (Şekil 15). Bitkilerin büyümeleri sonucu birbirlerine yapacakları baskıyı en aza indirgeyecek, eşit miktarda güneş ışığından faydalanabilecek ve sağlıklı bir şekilde ölçüm yapılması sağlanabilecek şekilde türlere ait bireyler her bir kutuya eşit aralıklarla dikilmiştir (Getter ve diğ., 2009; Nagase ve diğ., 2010; Küçük 2018). 55x75 cm iç ölçülere sahip olan deney kutularının dış kenarlarından içe doğru 7,5 cm boşluklar bırakılmıştır. *S. album* ve *S. lydium* dışındaki bitki türlerinin arası güneyden kuzeye enine 3 sıra bitki türü ve boyuna 5 sıra bitki türü 10 cm aralıklarla, *Sedum* türleri ise her dört bitki türünün ortasında olacak şekilde kutuların içerisine ahşap çubuklarla işaretlenmiştir. Bitkiler deney kutularının içerisine güneyden kuzeye doğudan batıya her kutuda 3 kez tekrar edileceği şekilde rastgele (random) olarak 15.05.2018 tarihinde geçici yetiştirme ortamlarından alınarak

dikilmiştir (Şekil 15). Her kutuya bitkilerin sıralarını, numaralarını ve türlerini içeren etiketler hazırlanılmış ve yapıştırılmıştır (Şekil 16). Çalışmada her kutuda 7 tür olacak şekilde 23 adet bitki dikilmiştir. Çalışmanın tamamında 207 adet bitki kullanılmıştır.



Şekil 14: Çalışmada kullanılan *L. spectabilis, D. chinensis, A.* schoenoprasum, *C.* salviifolius, *C. creticus, S. thirkei, S. album* ve *S. lydium* bitkileri (23.04.2018).

Tablo 8: Çalışmada denenmek üzere seçilen bitki türlerinin takson özellikleri (TÜBİVES, 2019).

Familya	*Liliaceae*	*Cistaceae*	*Cistaceae*	*Lamiaceae*	*Crassulaceae*	*Crassulaceae*	*Aizoaceae*[8]	*Caryophyllaceae*[9]
Cins	*Allium L.*	*Cistus L.*	*Cistus L.*	*Stachys L.*	*Sedum L.*	*Sedum L.*	*Lampranthus*	*Dianthus*[9]
Tür	*Allium schoenoprasum*	*Cistus salviifolius*	*Cistus creticus*	*Stachys thirkei*	*Sedum album*	*Sedum lydium*	*Lampranthus spectabilis*	*Dianthus chinensis*[9]
Yaşam Süresi	Çok Yıllık	Çok Yıllık	Çok Yıllık	Çok Yıllık	Çok Yıllık	Çok Yıllık	Çok Yıllık[10]	Çok Yıllık[11]
Yapı	Ot	Çalı	Çalı	Ot	Ot	Ot	Kaktüs, Sukulent[10]	Ot[12]
Yaşam Formu								
Çiçeklenme Zamanı (Ay)	6-8	3-5	3-6	5-9	6-9	6-7	4-9[10]	4-9[9]
Habitat	Dereler, Göl Kenarı, Alpin Çayırlıklar, Yaş Taraçalar, Kalkerli Ve Gölgeli Uçurum, Meralar	Sahil Tepesi Kalkerli Maki, Garik	Maki, Garik	Aşınmış Yamaç Kıyıları Nadas Tarlaları	Duvarlar, Kayalık Yamaçlar Ve Yarıklar	Dağlarda Yaş Yosunlu Yerler	-	-
Yükseklik (m)	2000-3300	0-500	0-1000	40-1750	100-2500	-1-1200	-	-
Endemik	Endemik Değil	Endemik Değil	Endemik Değil	Endemik Değil	Endemik Değil	Endemik	-	-
Element	Bilinmiyor	Bilinmiyor	Omni Akdeniz	Bilinmiyor	Bilinmiyor	D. Akdeniz	-	-
Türkiye Dağılımı	D. Anadolu	K. ve B. Türkiye, G. Anadolu	K., B. ve G. Türkiye	K. Türkiye ve B. Anadolu	Dış Anadolu, O. ve D. Anadolu	B., GB. ve O. Anadolu	-	-
Genel Dağılımı	Avrupa, Kafkasya, K. Irak, B. ve O. İran, Pakistan, Türkistan, Sibirya, D. Asya	Akdeniz, K. İran´a, Kafkasya, B. Avrupa	Kırım, O. Avrupa ve Gürcistan, Akdeniz	Bulgaristan, Yunanistan, İtalya ve Yugoslavyaa	Avrupa, KB. İran, Kafkasya, Lübnan	Türkiye	Güney Afrika[10]	Çin[11]



Şekil 15: Deney kutularına dikilecek bitki yerlerinin işaretlenmesi ve dikilmesi (13.05.2018).

[8] http://www.greenplanet.co.za/plant/lampranthus-spectabilis (Ziyaret tarihi: 05.05.2019).
[9] http://agaclar.org/agac.asp?id=800 (Ziyaret tarihi: 05.05.2019).
[10] https://www.gardenia.net/plant/Lampranthus-Spectabilis-Trailing-Ice-Plant (Ziyaret tarihi: 05.05.2019).
[11] https://www.gardenia.net/plant/dianthus-chinensis (Ziyaret tarihi: 05.05.2019).
[12] https://plants.ces.ncsu.edu/plants/all/dianthus-chinensis/ (Ziyaret tarihi: 05.05.2019).



Şekil 16: Rastgele düzende dikilecek bitkilerin kutu içerisindeki sayısal ve bitki türlerinin düzen şeması.

Yetiştirme ortamlarına bitki dikimi gerçekleştirilmeden önce bitkiler geçici yetiştirme ortamlarından arındırılarak çıplak köklü olarak dikilmiştir. Bitkilerin yeni yetiştirme ortamlarına dikildiğinde oluşacak dikim streslerini azaltmak için can suyu verilmiş ve sağlıklı gelişimlerine yardımcı olması amacıyla her bir deney kutusuna 6 gr Osmocote Exact Standart (15+9+11+2 MgO+TE kontrollü çözünen gübre; Everris İnternational B.V., Hollanda; 11gr/m2) gübre eklenmiştir. Her deney kutusu için sulama işlemi ön kısımlarından açılan drenaj deliklerinden su çıkışı görülene kadar eşit sürede uygulanmıştır.

Bitki dikimi gerçekleştirildikten sonra yetiştirme ortamlarına uyum sağlayabilmesi için 20 gün boyunca sulama ve bakım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Daha sonraki sürelerde bitkilerin yetiştirme ortamlarında doğal gelişimlerini gözlemleyebilmek için hiçbir şekilde sulama ve bakım yapılmamıştır.

3.2.2.Yetiştirme Ortamlarının Seçilmesi

Literatür araştırması sonucunda yetiştirme ortamlarında kullanılmak üzere atık ve geri dönüştürülmüş madde olarak çeltik kavuzu, organik madde olarak solucan gübresi ve doğal mineral olarak da ponza ve zeolit seçilmiştir (Şekil 17).



Şekil 17: Çeltik kavuzu, Zeolit, Ponza (03.05.2018) ve Solucan gübresi[13].

[13]https://www.indiamart.com/proddetail/vermicompost-15039329855.html (Ziyaret Tarihi: 06.05.2019)

Ponza, toprağın suyunu tutan, muhafaza eden, bu özelliği ile sulu tarım bitkilerinin susuz ya da çok az sulanarak yetiştirilmesini sağlayan doğal bir malzeme olması nedeniyle özellikle kurak bölgelerde tarımda kullanılmaktadır (Elmastaş, 2012). İri taneli ve gözenekli yapısı yönünden hafif bir malzeme olmasının yanı sıra asidik ve silis oranı yüksek inorganik bir maddedir. Isı değişimlerine geç cevap vererek geç ısınıp geç soğumaktadır (Küçük, 2018).

Zeolitler önemli ölçüde nem çekme eğilimi bulunmakta, bu nedenle suyu kolaylıkla adsorbe edebilmektedir. Bu özelliğinden dolayı sulama tasarrufu sağlamaktadır. Toprağın su ve hava geçirgenliğini arttırmaktadır. Toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirmektedir. Toprağın pH'sını düzenleyerek devamlı aktif halde kalmasını sağlamaktadır. Topraktaki besin maddelerinin uzun süre kalmasını sağlamaktadır. Bilinen en iyi toprak düzenleyicisi (yüksek katyon değişim kapasitesi, yüksek su tutma özelliğinden dolayı) topraktaki yarayışlı elementleri ve suyu bünyesinde tutmakta ve gerektiği zaman bitkinin kullanmasına izin vermektedir. Koku giderilmesi ve kontrolünde kullanılmaktadır (Demir ve Polat, 2003) .

Solucan gübresi tane yapısı nedeniyle toprak strüktürünü düzenlemek, havalanmayı sağlamak, su tutma kapasitesini arttırmak gibi faydaları bulunmaktadır. Bünyesinde bulunan çok sayıda bakteri, topraktaki zararlı bakterilerle rekabet ederek bitkilerin direncini arttırmaktadır. Yabancı ot tohumu içermemektedir. Doğaldırlar ve bitkilere karşı toksik etki yapmamaktadır. Organik olduğundan toprak pH'sı, toprak strüktürü gibi özelliklerin düzenlenmesini sağlamaktadır ve toprağa uzun süreli yarayışlılığı olmaktadır (Demir ve diğ., 2010).

Çeltik kavuzu ülkemizde atık olarak değerlendirilen, kolay bulunabilen (perlit ve torfa göre), çevrede kirlilik yaratmayan, hafif, taşınması kolay, temiz ve ucuz bir organik materyaldir (Akbaşak ve diğ., 2014). İçeriğinde hemiselüloz, lignin ve silis bulunmaktadır (Juliano ve diğ., 1987; Akbaşak ve diğ., 2014). Ortamın pH değerini arttırmaktadır (Dueitt ve diğ., 1994; Akbaşak ve diğ., 2014). Yetiştirme ortamında drenajı ve hava dolu boşluk hacmini sağlamak için kullanılmaktadır (Evans ve diğ., 2007; Akbaşak ve diğ., 2014). Bitki kök ve gövde gelişimini iyi yönde etkilemektedir (Muttiarawati, 2012; Akbaşak ve diğ., 2014). Su tutma kapasitesinin düşük olması nedeniyle sık sulama yapılmalıdır ve düzenli bir gübreleme programını gerektirmektedir (Akbaşak ve diğ., 2014).

Seçilen maddelerden çeltik kavuzu yerel, atık ve doğal bir madde olarak deney deseninde değerlendirilirken ponza ve zeolit yerel madde olarak, solucan gübresi ise hem yerel hem de

atık bir madde olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada %80 ponza ve %20 zeolit karıştırılarak ponza ve zeolit (PZ) doğal mineral olarak beraber kullanılmıştır. Farklı karışım oranlarına sahip yetiştirme ortamlarının bitkilerin gelişim düzeyleri üzerindeki etkilerini ölçmek için bu maddelerden belirli oranlarda alınıp üç farklı karışım oluşturulmuştur. Tablo 9'dan de görüleceği üzere birinci karışımda ÇPZSg (%60Ç +%20PZ +%20Sg), ikinci karışımda PZÇ (%80PZ +%20Ç)ve üçüncü karışımda PZSg (%80PZ +%20Sg) maddeleri bulunmaktadır (Şekil 18).

Tablo 9: Yetiştirme ortamlarının karışım yüzdeleri.

Yetiştirme Ortamı	Kutu Numarası	Çeltik Kavuzu (%)	Solucan Gübresi (%)	Ponza ve Zeolit (%)
ÇPZSg	1, 2, 3	60	20	20
PZÇ	4, 5, 6	20	0	80
PZSg	7, 8, 9	0	20	80



Şekil 18: ÇPZSg, PZÇ ve PZSg yetiştirme ortamı karışımları (03.05.2018).

Yetiştirme ortamlarının derinliği çalışılacak alanın iklimsel verileri, çatı yüzeyine gelecek yük ve kullanılacak bitkilerin istekleri dikkate alınarak belirlenmektedir (Ekşi, 2012). Yetiştirme ortamları için uluslararası literatürler incelenmiş ve yeşil çatı sistemleri için ideal yetiştirme ortamları derinliğinin 4-20 cm aralığında değişmekte olduğu gözlenmiştir (FLL, 2008).

Çalışma alanının içinde bulunduğu İstanbul ilinin iklim koşulları ve kullanılacak bitki türleri göz önüne alındığında yetiştirme ortamları derinliği 10 cm olarak kararlaştırılmıştır. Deney desenlerine yerleştirilen altyapı katmanlarının en üstündeki filtre örtüsü katmanı (Ten Cate Polyfelt TS10, Koninkljke Ten Cate NV, Hollanda) referans noktası alınarak yukarıya doğru metre ile 10 cm ölçülerek işaretlenmiştir. Kutular 1'den 9'a kadar çalışma alanının güneyinden başlayarak işaretlenmiştir. Hazırlanan yetiştirme ortamları 1, 2, 3 kutularına %60Ç +%20PZ +%20Sg, 4, 5, 6 kutularına %80PZ + %20Ç, 7, 8, 9 kutularına %80PZ + %20Sg karışımları 26.04.2018 - 01.05.2018 tarihleri arasında 10 cm derinliğinde olacak şekilde serilmiştir.

3.2.3. Ölçülen Parametreler

Yetiştirme ortamlarının tane büyüklüğü (granülometri) dağılımını belirlemek için 21.05.2018 tarihinde 1, 4 ve 7 numaralı deney kutularından alüminyum kaplara ağız dolusu kadar yetiştirme ortamları örnekleri alınmıştır. Hassas terazide (Kern, EMB 600-2, Almanya) kapların darısı alınarak yaş ağırlıkları ölçülmüş ve veriler kaydedilmiştir (Şekil 19). Ardından 105°C'lik fırında (Eloktromag, M420PS, Türkiye) 48 saat kurutularak kuru ağırlıkları hassas terazide (Kern, EMB 600-2, Almanya) ölçülmüştür (Şekil 19). Fırından çıkan yetiştirme ortamları elek analizi cihazına (UTG-0411, Utest Laboratuvar cihazları, Ankara, Türkiye) konularak 15 dakika çalıştırılmış ve sonrasında tüm eleklerde üstünde kalan yetiştirme ortamları her elek açıklığına göre ağırlıkları ölçülerek elek analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 20). Elek analizinin daha iyi sonuç verebilmesi için 28.05.2018 tarihinde 2, 3, 5, 6, 8 ve 9 numaralı deney kutularından yetiştirme ortamları örnekleri alınarak tane büyüklüğü dağılımı yapılmıştır. Çalışma alanındaki tüm deney kutuları için elek analizi yapılmış ve verileri kaydedilmiştir. Elek analizi yapıldıktan sonra fırın kurusu olan yetiştirme ortamları alınmış ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Orman Fakültesi Toprak İlmi ve Ekoloji Laboratuvar'ında asitlik derecesi (pH), elektrik iletkenliği (EC), maksimum su tutma kapasitesi yüzdesi maksimum su tutma kapasitesi (Maks. Su %), Azot (N) ve organik madde (1,72×Karbon (C)) yüzdelerinin ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Yetiştirme ortamı karışımlarının N ve C değerlerini bulabilmek için alınan örnekler 65°C'lik fırında kurutulduktan sonra 0,5 mm elekten geçirilmiştir. Dumas kuru yakma metoduna göre (Leco CN analyser cihazında) analiz edilmiştir. pH değerlerini ölçmek için alınan yetiştirme ortamı örneklerine 1/2.5 oranında saf

su eklenmiştir ve 24 saat bekletildikten sonra pH metre cihazında değerleri okunmuştur. EC değerlerini bulmak için alınan yetiştirme ortamı örneklerine 1/5 oranında saf su eklenmiştir ve 24 saat bekletildikten sonra EC metre cihazında değerleri okunmuştur.



Şekil 19: Yetiştirme ortamı ağırlığını ölçmek için kullanılan hassas terazi ve Yetiştirme ortamlarının fırın kurusu ağırlığını saptamak için kullanılan fırın (13.05.2018).



Şekil 20: Yetiştirme ortamlarının granülometrisini belirleyebilmek için kullanılan elek cihazı (23.05.2018).

Bitki dikimi gerçekleştirilmeden önce *D. chinensis* bitki türünden iki örneklem diğer bitki türlerinden temsili üçer örneklem olmak üzere toplamda 20 adet bitki seçilmiştir. Geçici yetiştirme ortamlarından 05.06.2018 tarihinde çıkarılan bu bitkilerin toprağın içinde bulunan

kök kısımları hassas bir şekilde çıkartılıp yetiştirme ortamlarından ayrılmıştır. Köklere yapışmış olan yetiştirme ortamları köklere zarar vermeyecek şekilde önce el ile temizlenmiş sonrasında yıkanarak mendile sarılmış ve suyu alınmıştır. Bitkiler makas ile kök (toprak altı organlar) ve gövdelerine (toprak üstü organlar) ayrılarak hassas terazi (Kern,EMB 600-2, Almanya) ile yaş ağırlıkları ölçülerek veriler kaydedilmiştir (Şekil 21). Her bir bitki için aynı işlem yapıldıktan sonra kağıt keselerin içine konulmuş ve numaralandırılmıştır. Bitkiler 13.06.2018 tarihine kadar 60°C'lik fırında (Eloktromag, M420PS, Türkiye) kurutulmuştur (Şekil 22). Fırından çıkarılan bitkilerin kuru ağırlıkları hassas terazi ile ölçülerek veriler kaydedilmiştir (Şekil 23). Aynı işlemler çalışmanın sonunda da yapılmıştır.



Şekil 21: Canlı kütle ölçümü için kök gövde ayrımı yapılan *D. chinensis* (08.05.2018).



Şekil 22: Kök gövde ayrımı yapılan canlı kütle analizlerinin yapılması amacıyla fırında kurutulması (08.05.2018).



Şekil 23: Canlı kütle ölçümü için kök gövde ayrımı yapılan *D. chinensis* bitkisinin fırında kurutulması (08.05.2018).

Çalışmada BBE (bitki büyüme endeksi), Fv/Fm (bitki stres düzeyleri) ve yetiştirme ortamı nem ölçümleri hava koşullarına göre her ay eşgüdümlü olarak tekrar edilmiştir. BBE (Plant Growt Index- PGI) her bir yetiştirme ortamı tipinde her bir tür için hesaplanmıştır. Bitkinin iki yönden genişliği ve yüksekliği her bir bitki için ölçülerek BBE [(L × W × W)/3] formülü ile hesaplanmıştır (Monterusso ve diğ., 2005; Rowe ve diğ., 2006; Eksi ve diğ., 2019) (Şekil 24).



Şekil 24: Bitki büyüme endeksi ölçümleri (08.05.2018).

Bitkiler hayatta kalabilmek için, çevresel faktörlerin uygun değerler dışındaki etkilerini, stres olarak algılamaktadır (Korkmaz ve diğ, 2017). Bu etkiler bitkinin büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkileyerek verim düşüklüğüne neden olur ve bitkide bir dizi gerilemeye sebebiyet verir. Bitkide strese neden olan etmenler; biyotik kökenli olabildiği gibi (hastalık oluşturanlar ve zararlılar); tuzluluk, kuraklık, düşük ve yüksek sıcaklıklar, besin elementlerinin eksiklik veya fazlalıkları gibi abiyotik kökenli de olabilmektedir (Demir, 2009). Çalışmada bitkilerin stres düzeyleri (Fv/Fm) klorofil florimetre (Hansatech Handy PEA, Hansatech Instruments Ltd., Norfolk, U.K.) ile ölçülmüştür. Bitkilerin yapraklarına klipsler takılarak dış ortamdan aldığı ışık kesilmiştir. Karanlık adaptasyonlarını sağlayana kadar 15 dakika beklendikten sonra klorofil florimetre (Hansatech Handy PEA, Hansatech Instruments Ltd., Norfolk, U.K.) ile bitki stres düzeyleri (Fv/Fm) ölçümleri yapılarak değerleri kaydedilmiştir (Şekil 25). Fv/Fm verileri değerlendirilirken yaklaşık 0.700-0.830 normal değerler olarak değerlendirilirken <0.600 değerler için bitkilerin streste olduğu söylenmektedir (Ritchie, 2006).



Şekil 25: Bitki stres düzeylerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilen ölçümler (08.05.2018).

Yetiştirme ortamlarında yapılan nem ölçümleri nem kayıt cihazı (ML2x; Delta-T Devices, Ltd., Cambiridge, U.K.) yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Nem kayıt cihazında (ML2x; Delta-T Devices, Ltd., Cambiridge, U.K.) bulunan 6 cm uzunluğundaki metal çubukların tamamı yetiştirme ortamlarının içine her bir yetiştirme ortamı için deney kutularının rastgele dört köşesinden içine girecek şekilde yerleştirilmesiyle ölçülmüştür. Yapılan ölçümlerin aritmetik ortalaması alınmıştır (Şekil 26).



Şekil 26: Yetiştirme ortamı nem kayıt cihazı.

Yeryüzüne gelen güneş radyasyonları madde yüzeylerine çarptığında bir kısmı bu yüzeylerde tutulurken bir kısmı da geri yansımaktadır. Yüksek derecede nem içeren topraklar güneş ışınlarını yüksek derecede absorbe ettikleri için, olduklarından daha koyu görünür. Kuru topraklar ise, ışığı daha çok yansıttıkları için ıslak topraklardan daha açık renkli bir görünüme sahiptir (Çepel, 1988). Yetiştirme ortamına gelen güneş radyasyonları bu ortamların sıcaklığını etkilemektedir. Sıcaklığın fazla yada eksik olması bitki gelişimleri için önemli bir etmendir. Çalışmada deney kutularının altına EPS levhalar yerleştirilerek güneş radyasyonlarının yansımaları sonucu kutuların aşağıdan ısınması engellenmiştir. Bu sayede yetiştirme ortamları güneş radyasyonlarını sadece yukarıdan alarak daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir. Çalışmada her bir yetiştirme ortamından rastgele birer tanesi seçilmiş ve Eylül ayından itibaren toprak yüzeyine yakın olarak yerleştirilen Termoçift (Testo 175-S1, Testo AG, Almanya) ve bu cihazlara bağlı sıcaklık ölçerler (Testo 0613 1212, Testo AG, Almanya) yardımıyla yetiştirme ortamlarının sıcaklığı ölçülmüştür (Ekşi ve diğ., 2017a; Küçük 2018) (Şekil 27).



Şekil 27: Yetiştirme ortamı sıcaklık değerlerini ölçen cihaz.

3.2.4. Verilerin Analizi

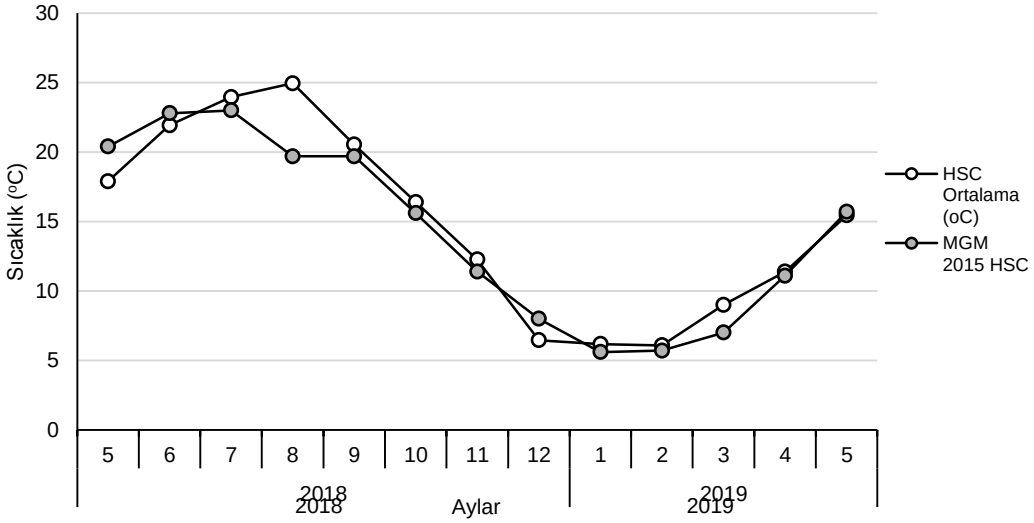
Çalışma boyunca yapılan ölçümlerde kaydedilen veriler Microsoft Excel® ortamına atılmış ve ortalamaları, en düşük değerleri, en yüksek değerleri ve standart sapmaları alınmıştır. Deney düzenekleri arasındaki anlamlı farkları ya da ilişkileri değerlendirmek üzere Minitab (Minitab 17, Minitab Inc., ABD) programı kullanılarak istatistiksel varyans analizi-Fisher en küçük anlamlı fark analizi testi yapılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen veriler göz önünde bulundurularak yetiştirme ortamı olarak kullanılan malzemelerin yeşil çatı sistemlerindeki kullanılabilirliği ve uygunluğu değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR

4.1. İKLİM DEĞİŞKENLERİNE AİT BULGULAR

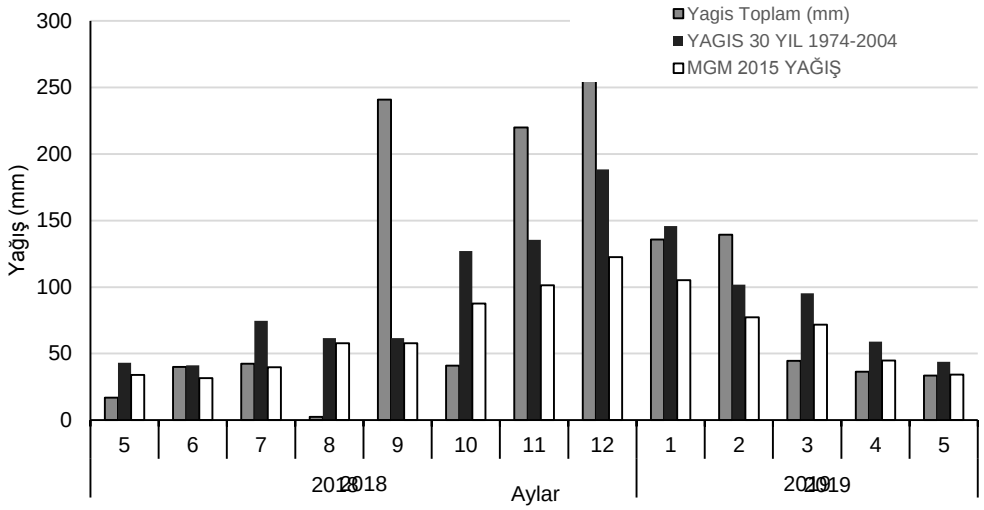
Çalışma boyunca çalışma alanında saatlik meteorolojik ölçüm yapan cihazlardan yağış ve sıcaklık verileri kaydedilmiştir. Bu veriler Türkiye Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden (MGM) temin edilen 1950-2015 yılları arasındaki 65 yıllık İstanbul ilinin genel ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileriyle ve çalışma alanının bulunduğu Bahçeköy'e ait meteoroloji istasyonundan temin edilen 1974-2004 yıllarını kapsayan 30 yıllık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileriyle kıyaslanmıştır.

Çalışma alanındaki ölçüm cihazlarıyla 15.05.2018 – 07.05.2018 tarihleri arasında 52 hafta boyunca kaydedilen sıcaklık verileri ile Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen 1950-2015 yılları arasındaki 65 yıllık İstanbul ilinin genel ortalama sıcaklık verileri kıyaslandığında birbirlerine yakın değerlere sahip oldukları saptanmıştır. MGM'den elde edilen veriler incelendiğinde en yüksek aylık ortalama sıcaklığın 23,0°C ile Temmuz ayında en düşük aylık ortalama sıcaklığın ise 5,6°C ile Ocak ayında olduğu belirlenmiştir. Çalışma boyunca kaydedilen aylık ortalama sıcaklıklar incelendiğinde ise en yüksek sıcaklığın 24,95°C ile Ağustos ayında en düşük sıcaklığın ise 6,09°C ile Şubat ayında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma boyunca kaydedilen günlük sıcaklık verileri incelendiğinde en yüksek sıcaklık 28,9°C ile 23.07.2018 tarihinde en düşük sıcaklık ise -03°C ile 08.01.2019 tarihinde kaydedilmiştir (Şekil 28).



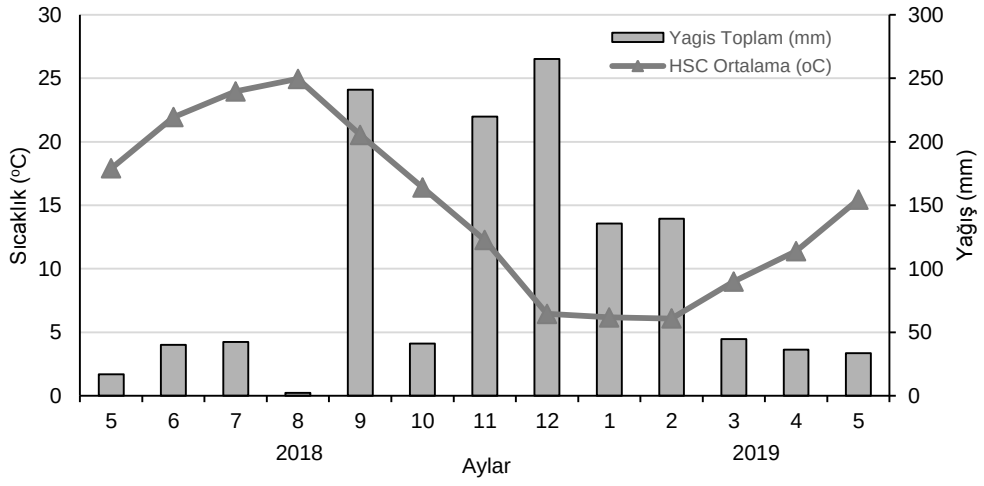
Şekil 28: Çalışma alanındaki meteoroloji istasyonu sıcaklık verileri ile MGM'den temin edilen sıcaklık verilerinin kıyaslanması.

MGM'den elde edilen 65 yıllık aylık toplam yağış verileri incelendiğinde en yüksek toplam yağışın 122,60 mm ile Aralık ayında en düşük toplam yağışın 31,60 mm ile Haziran ayında olduğu belirlenmiştir. Bahçeköy meteoroloji istasyonundan temin edilen 30 yıllık toplam yağış verilerine bakıldığında ise en yüksek toplam yağışın 188,30 mm ile Aralık ayında en düşük toplam yağışın 41,20 mm ile Haziran ayında olduğu tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki meteorolojik ölçüm yapan cihazlardan kaydedilen günlük toplam yağış verileri incelendiğinde ayında en düşük toplam yağışa 2,40 mm ile Ağustos ayında en yüksek toplam yağışa 265,20 mm ile Aralık ayında rastlanmıştır. Çalışma boyunca en yüksek toplam yağış 73,90 mm ile 06.09.2018 tarihinde kaydedilmiştir (Şekil 29).



Şekil 29: Aylık toplam yağış verilerinin MGM ve Bahçeköy Meteoroloji İstasyonu verilerine göre kıyaslanması.

Çalışma boyunca kaydedilen aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış verileri incelendiğinde en yüksek ortalama sıcaklık değeri 24,90°C ve en düşük toplam yağış değeri 2,40 mm ile ağustos ayında tespit edilmiştir. En yüksek toplam yağış 265,20 mm ile aralık ayında kaydedilirken en düşük ortalama sıcaklık 6,09°C ile şubat ayında kaydedilmiştir. Şekil 30 genel olarak incelendiğinde aylık ortalama sıcaklık değerlerinde düzenli olarak artış ve azalış söz konusu iken aylık toplam yağış değerlerinde artış ve azalışın düzensiz olduğu tespit edilmiştir.



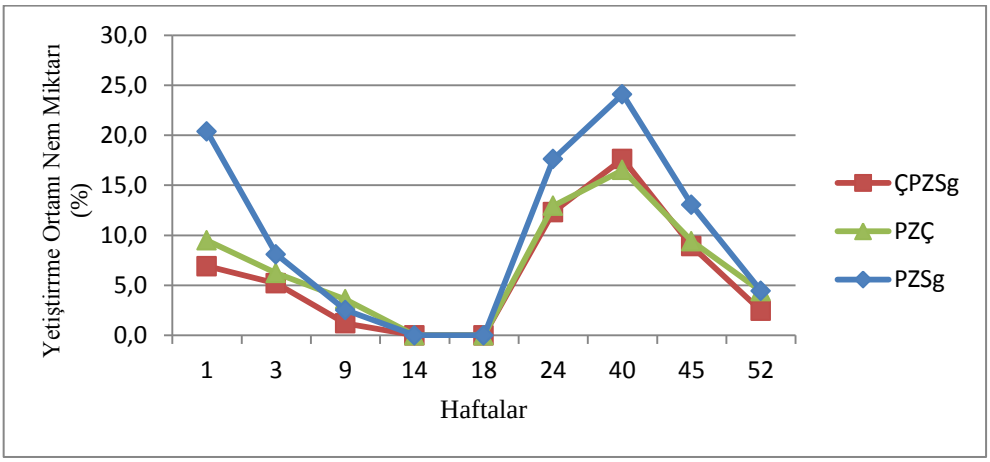
Şekil 30: Çalışma boyunca kaydedilen ortalama sıcaklık ve toplam yağış değerleri.

4.2. YETİŞTİRME ORTAMLARIYLA İLGİLİ ELDE EDİLEN BULGULAR

Çalışmada yeşil çatı sistemlerinde yetiştirme ortamları üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda yetiştirme ortamlarında kullanılacak maddeler seçilmiş ve deney desenleri kurulmuştur. Bu bölümde deney desenlerinde yetiştirme ortamlarındaki nem içerikleri ve sıcaklık değerleri çalışma alanında belirli aralıklarla yapılmış ve yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ile ilgili analizler ise laboratuvarda yapılmıştır.

4.2.1. Yetiştirme Ortamı Nem İçeriğine İlişkin Bulgular

Yetiştirme ortamının nem değerleri içindeki su tutma kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. 52 haftalık çalışma boyunca belirli aralıklarla Y.O. nem içerikleri ölçümü yapılmıştır. Y.O. nem değerlerinin kaydedilen haftalık verileri Şekil 31'de verilmiştir. Yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri ve hava şartları nem içeriklerini etkilemektedir. Şekil 31 incelendiğinde PZSg yetiştirme ortamının nem içeriklerinin PZÇ ve ÇPZSg yetiştirme ortamına kıyasla daha fazla olduğu görülmektedir. PZSg yetiştirme ortamının maksimum su tutma kapasitesi diğer yetiştirme ortamlardan daha az olması nem içeriğinin yüksek olmasını sağlamıştır. Ayrıca PZSg yetiştirme ortamının nem içeriklerinin daha yüksek olması sıcaklık değişimlerinden daha hızlı etkilendiği ve yüksek infiltrasyon özelliğine sahip olduğu sonucu çıkarılabilmektedir. Çalışma boyunca en yüksek değer 40. haftada PZSg yetiştirme ortamında en düşük ise 14. ve 18. haftada tüm yetiştirme ortamlarında yaşanmıştır.



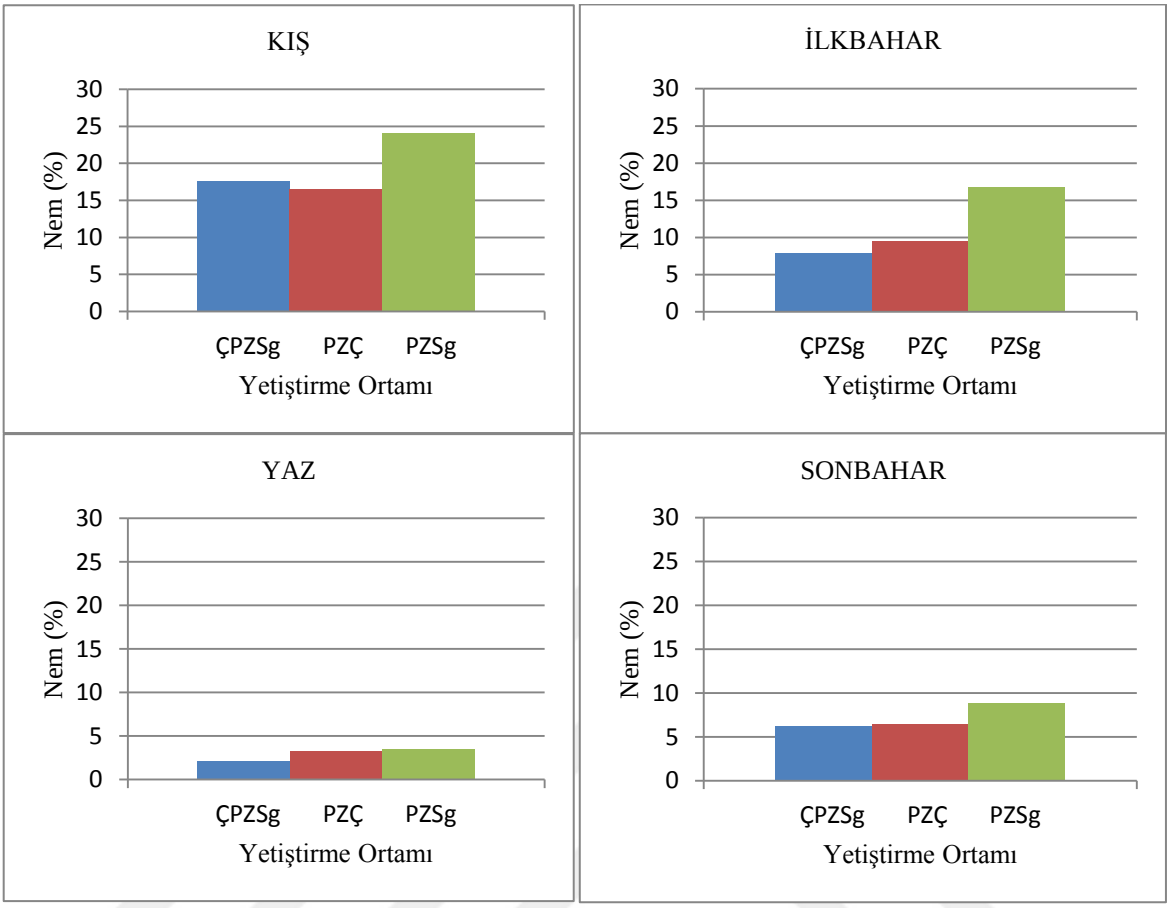
Şekil 31: Yetiştirme ortamlarında nem değerlerinin haftalık verileri.

Yetiştirme ortamlarına 20 gün boyunca su verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında PZSg yetiştirme ortamının nem içeriği en yüksek iken ÇPZSg yetiştirme ortamının nem içeriği en düşük olduğu görülmektedir. Çalışmanın 3. haftasında nem değerleri her bir yetiştirme ortamında da düşmüştür. Sulamanın kesilmesi ve hava sıcaklarının yüksek olması ve yeterli yağışın olmaması nem değerlerinin düşmesine sebep olmuştur. Çalışmanın 9. haftasında PZÇ yetiştirme ortamı en yüksek nem değerlerine ÇPZSg yetiştirme ortamı en düşük nem değerlerine sahiptir. 14. ve 18. haftalardaki nem içerikleri çok düşük olduğu için herhangi bir değer ölçülememiştir. Güneş ısınım değerlerindeki ve yağışsız gün sayısındaki artışlar düşük nem değerlerine sebep olmuştur.

Çalışmanın 24. haftasında yetiştirme ortamlarında nem içerikleri değerlerine rastlanmıştır. PZSg yetiştirme ortamında en yüksek nem değerleri ÇPZSg yetiştirme ortamında en düşük nem değerleri kaydedilmiştir. Çalışmanın 40. haftasında PZSg yetiştirme ortamında en yüksek PZÇ yetiştirme ortamında en düşük nem değerleri ölçülmüştür. 40. haftada sürekli yağışın olması nem değerlerinde artışa sebep olmuştur. Çalışmanın 45. haftasında nem değerlerinde azalma görülmektedir. 45. haftada en yüksek nem değeri PZSg yetiştirme ortamında en düşük nem değeri ise ÇPZSg yetiştirme ortamında kaydedilmiştir. 52. hafta yetiştirme ortamları ortalama nem değerleri incelendiğinde tüm ortamlarda azalma görülmektedir. 52. haftada ÇPZSg ortamında en düşük nem değeri PZSg yetiştirme ortamında en yüksek nem değerleri tespit edilmiştir.

Görüldüğü üzere iklim değişkenleri nem içeriklerinde etkin rol oynamıştır. Yağışın yaşandığı dönemlerde yetiştirme ortamlarında nem değerleri artarken yağışın olmadığı ve sıcaklığın yüksek olduğu dönemlerde nem değerlerinde düşüş olmuştur.

Çalışmada yetiştirme ortamları nem değerleri mevsimlere göre düzenlenmiş ve Şekil 32'deki grafikler hazırlanmıştır. Grafikler incelendiğinde mevsimlere göre PZSg yetiştirme ortamındaki nem değerlerinin ÇPZSg ve PZÇ ortamlarındaki nem içeriklerinden fazla olduğu görülmektedir. En yüksek nem değerlerine kış mevsiminde rastlanmıştır. Yetiştirme ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanında hava şartlarının da önemli bir etken olduğu Şekil 32'deki grafiklerden çıkarılabilir. Yağışın fazla olduğu zamanlarda yüksek nem değerlerine yağışın az ya da hiç olmadığı zamanlarda ise düşük nem değerlerine rastlandığı görülmektedir. Yaz mevsiminde yağış azlığı ve yüksek sıcaklık sebebiyle düşük nem değerleri görülmektedir.



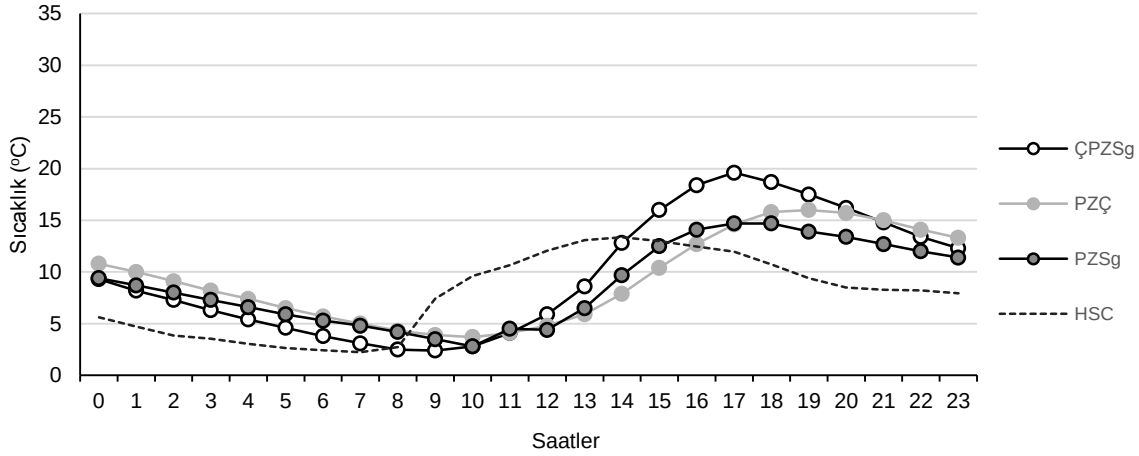
Şekil 32: Mevsimlere göre yetiştirme ortamı nem değerlerinin ortalamaları.

4.2.2.Sıcaklık Değerlerine İlişkin Bulgular

Yetiştirme ortamlarının 27.03.2019 ile 06.05.2019 tarihleri arasında sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu zaman aralığındaki sıcaklık ölçümleri incelendiğinde 05.04.2019 tarihinde yetiştirme ortamlarının en düşük sıcaklık değerlerine 29.04.2019 tarihinde yetiştirme ortamlarının en yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Gün içinde kaydedilen saatlik sıcaklık verileri İÜYAP'dan alınmıştır.

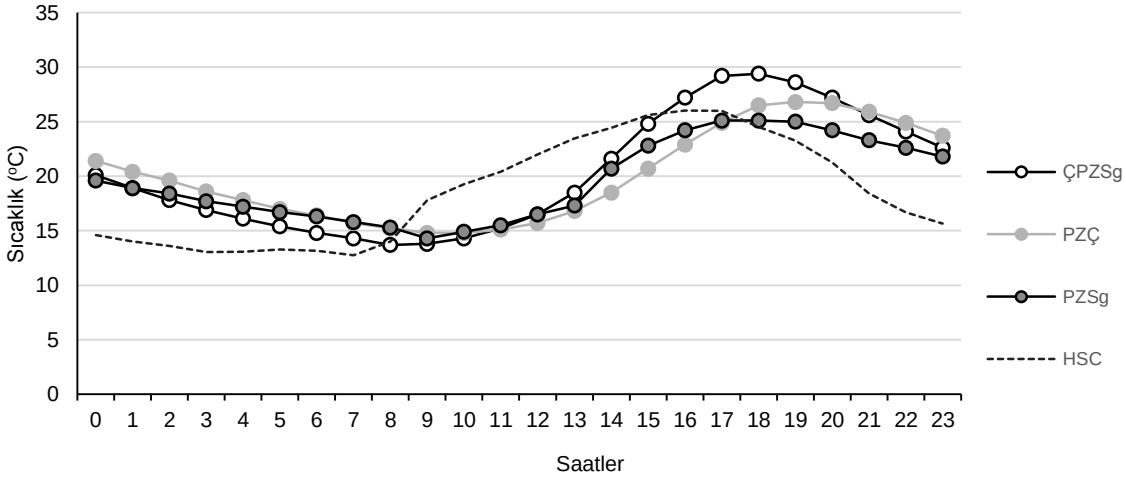
Yetiştirme ortamlarının en düşük sıcaklık değerleri (05.04.2019 tarihindeki) ile HSC değerleri karşılaştırıldığında gün içerisinde saatlik sıcaklık verilerinde anlamlı farkların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 33). Şekil 33 incelendiğinde diğer yetiştirme ortamlarına kıyasla fazla gözenekli yapısı itibariyle nem tutma kapasitesi yüksek olan çeltik kavuzu oranının fazla olduğu ÇPZSg yetiştirme ortamının hızlı bir şekilde ısınıp soğuduğu belirlenmiştir. Sıcaklık değişimine yavaş tepki veren ponza ve zeolit karışım oranının fazla olduğu PZÇ ve PZSg

yetiştirme ortamlarında ise birbirlerine paralel sıcaklık değerlerine sahip olduğu görülmektedir. HSC verileri ile kıyaslandığında yetiştirme ortamları ile paralel seyretmediği belirlenmiştir.



Şekil 33: Yetiştirme ortamlarına ait en düşük sıcaklık değerleri (05.04.2019).

Yetiştirme ortamlarının en yüksek sıcaklık değerleri (29.04.2019 tarihindeki) ile HSC değerleri karşılaştırıldığında gün içerisinde ortalama sıcaklık değerlerinin yakın olmasına karşın saatlik sıcaklık verilerinde anlamlı farkların olduğu tespit edilmiştir (Şekil 34). Çeltik kavuzunun fazla olduğu ÇPZSg yetiştirme ortamının ponza ve zeolit karışımının fazla olduğu PZÇ ve PZSg yetiştirme ortamlarına kıyasla hızlı ısınıp soğuduğu belirlenmiştir.



Şekil 34: Yetiştirme ortamlarına ait en yüksek sıcaklık değerleri (29.04.2019).

4.2.3. Yetiştirme Ortamı Karışımlarının Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Bulgular

Tez çalışması kapsamında deney desenlerinde kullanılan yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri laboratuvarda analizleri yapılmıştır ve elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

Her bir deney düzeneğinden temsili yetiştirme ortamları alınmıştır. Yetiştirme ortamları çalışma alanında bulunan elek analizi cihazında (UTG-0411, Utest Laboratuvar cihazları, Ankara, Türkiye) fırın kurusu olarak elek analizine tabii tutulmuştur. Yetiştirme ortamlarının çap sınıflarına göre dağılımları Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10: Yetiştirme ortamlarının çap sınıflarına göre dağılımı.

Yetiştirme Ortamı	Nem Tutma Kapasitesi (%)	İnce Malzeme			İskelet					Toplam
		< 0,2 mm	0,2 - 1 mm	1 - 2 mm	2 - 4 mm	4 - 6,3 mm	6,3 -10 mm	10-12,5 mm	12,5-16 mm	g/l
ÇPZSg	326.13	5,02	12,60	44,67	42,85	16,87	7,10	0,00	0,00	129,11
PZSg	101.22	13,63	13,30	76,31	74,10	68,16	25,13	3,28	1,31	275,22
PZÇ	108.65	18,75	24,01	74,91	83,97	75,72	31,82	2,40	0,00	311,58

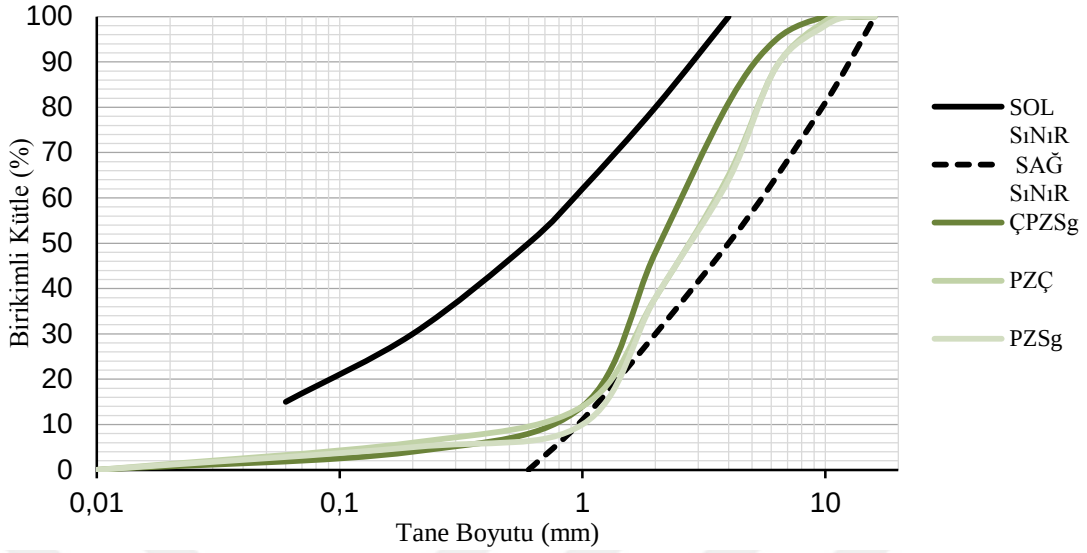
ÇPZSg yetiştirme ortamının çap sınıfları incelendiğinde %52'sinin iskelet malzemeden %48'inin ince malzemeden meydana geldiği görülmektedir. Diğer yetiştirme ortamları ile karşılaştırıldığında en az iskelet oranına sahiptir. Malzeme dağılımları içerisinde en yüksek miktarda 1–2mm çap dağılımına sahip malzemenin bulunduğu saptanmıştır. Yetiştirme ortamında %0,04 orana sahip 0,2mm'den düşük malzemenin bulunduğu tespit edilmiştir. Karışımlar içinde en düşük çap sınıfa sahip dağılım olduğu belirlenmiştir. Karışımlar içinde g/l olarak en az değere sahip olan ÇPZSg yetiştirme ortamı %326.13 oranı ile en fazla nem tutma kapasitesine sahiptir.

PZSg yetiştirme ortamının çap sınıfları incelendiğinde %63 iskelet malzeme oranı ile yetiştirme ortamı karışımları içinde en fazla orana sahip olduğu görülmektedir. İnce malzeme oranı %37 olan karışımda 1–2 mm çap dağılımına sahip malzemenin en yüksek miktarda bulunduğu kaydedilmiştir. Çap sınıfı 16 mm'ye kadar devam eden yetiştirme ortamı karışımı diğer yetiştirme ortamı karışımları içinde en fazla çap sınıfına sahip olduğu tespit edilmiştir.

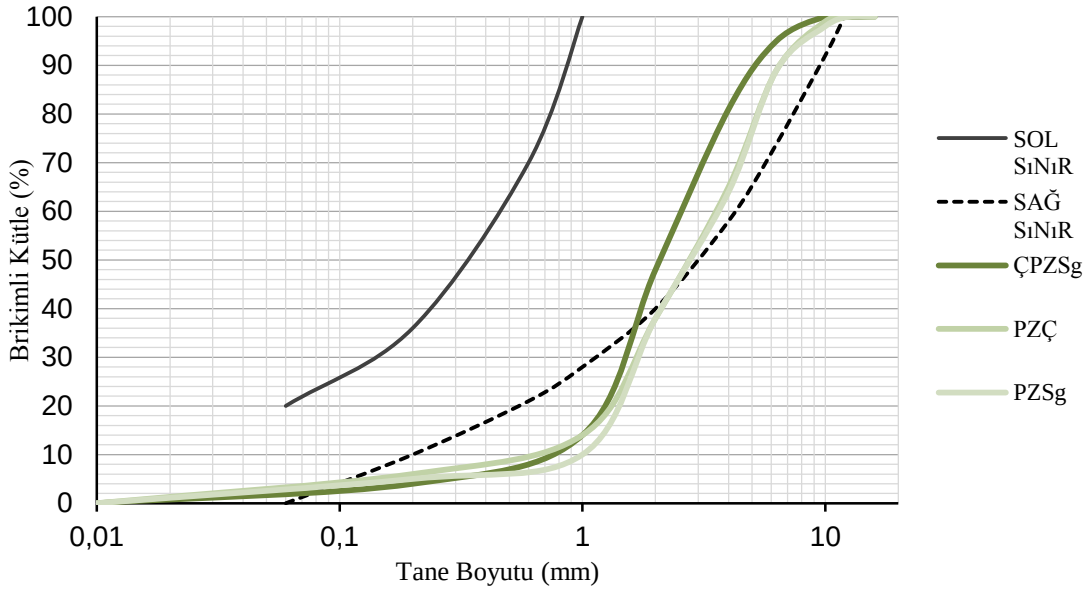
Yetiştirme ortamı karışımında 0,2 mm'den düşük malzemenin %0,05 oranda bulunduğu belirlenmiştir.

PZÇ yetiştirme ortamının çap sınıfları incelendiğinde %62'sinin iskelet malzemeden %38'inin ince malzemeden meydana geldiği görülmektedir. Malzeme dağılımları içerisinde en yüksek miktarda 2–4 mm çap dağılımına sahip malzemenin bulunduğu belirlenmiştir. Yetiştirme ortamları içinde 0,2 mm'den düşük malzemeye %0,06 oranda en fazla sahip malzeme olarak tespit edilmiştir.

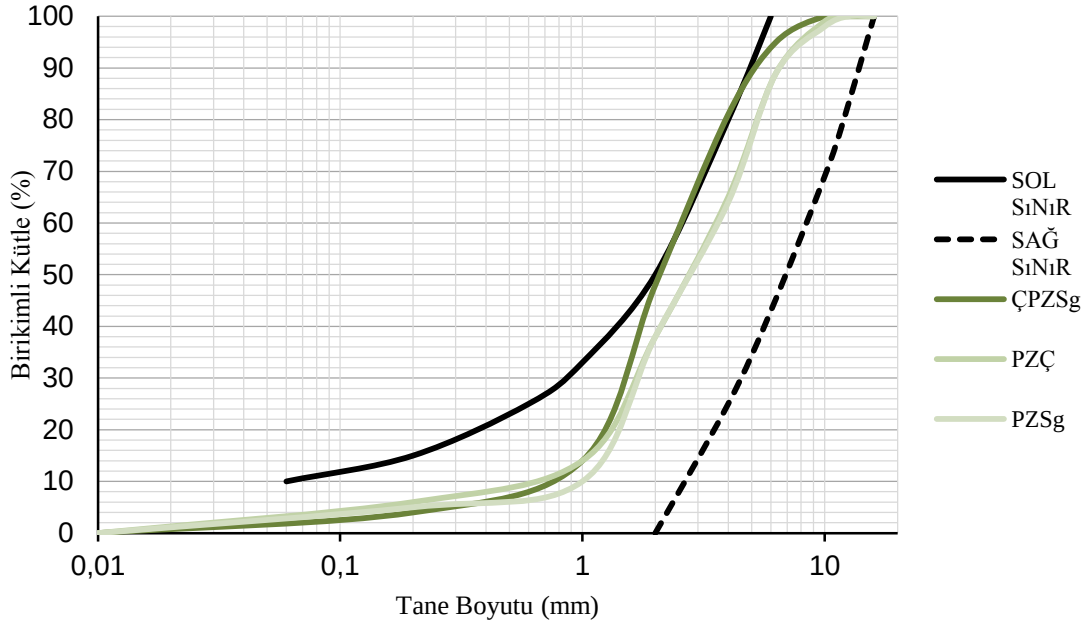
Yetiştirme ortamlarında tespit edilen çap dağılımları eğrileri FLL (2008) standartlarında belirlenen yeşil çatı, çatı bahçesi ve tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı tiplerindeki standart tane dağılımı eğrileri ile karşılaştırılmıştır. Şekil 35'de yeşil çatı sistemlerinde kullanılacak yetiştirme ortamları için standart çap dağılımları ile ÇPZSg, PZSg ve PZÇ yetiştirme ortamlarının çap dağılımları karşılaştırıldığında yetiştirme ortamlarının sınır değerleri arasında kaldığı görülmektedir. Çatı bahçelerinde kullanılacak yetiştirme ortamları için Şekil 36'te ÇPZSg, PZSg ve PZÇ yetiştirme ortamları karşılaştırılmıştır. ÇPZSg ve PZÇ yetiştirme ortamlarında 1 mm'den daha az çapta maddelerin oranı %14, PZSg yetiştirme ortamında %10 olarak belirlenmiştir. 1 mm çapından düşük maddelerin oranı çatı bahçelerinde belirlenen çap dağılım sınırlarından daha yüksek olduğundan sınırların dışında kalmıştır. Tasarımı yapılan ÇPZSg, PZSg ve PZÇ yetiştirme ortamlarının çatı bahçelerinde çap dağılımları bakımından uygun olmadığı tespit edilmiştir. Şekil 37'da yetiştirme ortamlarının tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatılardaki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması yapılmıştır. Her üç yetiştirme ortamının sınır çap dağılım değerlerinin arasında kaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 35: Yetiştirme ortamlarının yeşil çatı sistemlerindeki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması.



Şekil 36: Yetiştirme ortamlarının çatı bahçeleri sistemlerindeki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması.



Şekil 37: Yetiştirme ortamlarının tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı sistemlerindeki standart çap sınıflarına göre karşılaştırılması.

Yetiştirme ortamlarının laboratuvar koşullarında elde edilen fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 11'de verilmiştir. ÇPZSg yetiştirme ortamında çeltik kavuzunun oranının yüksek olması sebebiyle fırın kurusu ağırlığı diğer yetiştirme ortamlarından daha düşük çıkmıştır. Buna paralel olarak maksimum su tutma kapasitesi (nem tutma kapasitesi), azot miktarı ve organik madde miktarı PZSg ve PZÇ yetiştirme ortamlarına göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PZSg yetiştirme ortamında fırın kurusu birim hacim ağırlık 563.67 g/l, PZÇ yetiştirme ortamında 496.23 g/l ve ÇPZSg yetiştirme ortamında ise 165 g/l olarak tespit edilmiştir. Maksimum su tutma kapasitesi en yüksek %326.13 değeri ile ÇPZSg yetiştirme ortamında kaydedilmiştir. PZSg yetiştirme ortamında %101.22, PZÇ yetiştirme ortamında ise maksimum su tutma kapasitesi %108.65 olarak belirlenmiştir. PZSg ve PZÇ yetiştirme ortamlarının düşük bazik ÇPZSg yetiştirme ortamının düşük asidik olduğu saptanmıştır. pH değerleri PZSg yetiştirme ortamında 7.45, PZÇ yetiştirme ortamında 7.4 ve ÇPZSg yetiştirme ortamında 6.9 olarak kaydedilmiştir. Yetiştirme ortamlarının pH değerleri FLL (2008) pH standartları ile karşılaştırıldığında değerlerin standartların arasında kaldığı görülmektedir. Elektrik iletkenliklerine bakıldığında ÇPZSg yetiştirme ortamında diğer ortamlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Azot miktarı bakımından ÇPZSg yetiştirme ortamı %0.56, PZSg yetiştirme ortamı %0.34 ve PZÇ yetiştirme ortamı %0.32 değerlere sahiptir.

Organik madde miktarlarına bakıldığında ÇPZSg yetiştirme ortamında %15.06, PZSg yetiştirme ortamında %6.18 ve PZÇ yetiştirme ortamında ise %5.35 değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ana malzeme olarak araştırılan çeltik kavuzu için laboratuvar koşullarında fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Tablo 11'de çeltik kavuzunun fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde hafif bir malzeme olduğu belirlenmiştir. Bulunan pH ve azot değerleri FLL (2008) kılavuzunda yer alan pH ve N (Azot) sınır değerleri ile karşılaştırıldığında nötr ve maksimum su tutma kapasitesinin düşük olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 11: Yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Değer	Birimi	ÇPZSg	PZSg	PZÇ	Çeltik Kavuzu	FLL
Fırın Kurusu Hacim Ağırlık	g/l	165	563,67	496,23	93.97	-
Nem Tutma Kapasitesi	hacmen %	326,13	101,22	108,65	7.67	35 - 65
pH	pH	6,9	7,45	7,4	7.0*	6,0 – 8,5
EC	µS cm^{-1}	943	494	206	-	-
EC	Kcl	0,60	0,32	0,13	-	< 3,5
N***	%	0,56	0,34	0,32	0,001	-
Organik Madde	g/l	38,08	12,22	18,13	43.92**	< 40

*: (Çakırer, 2015); **: Çeltik kavuzu organik madde değerinin birimi % olarak bulunmuştur; ***: FLL 2008'de Azot değeri g/l cinsinden sunulmuştur. Üst limit 80 g/l olarak tespit edilmiştir.

4.3. BİTKİLERİN ÖLÇÜLEN DEĞERLERİNE İLİŞKİN BULGULAR

Alana getirilen *L. spectabilis, D. chinensis, A. schoenoprasum, C. salviifolius, C. creticus, S. thirkei, S. album* ve *S. lydium* deney desenlerine 15.05.2018 tarihinde dikilmiştir. Çalışma boyunca bitkiler üzerinde bitki büyüme endeksi (BBE) ve klorofil florimetre ile stres düzeyi (Fv/Fm) ölçümleri belirli aralıklarla ve canlı kütle ölçümleri de çalışmanın başında ve sonunda olmak üzere yapılmıştır.

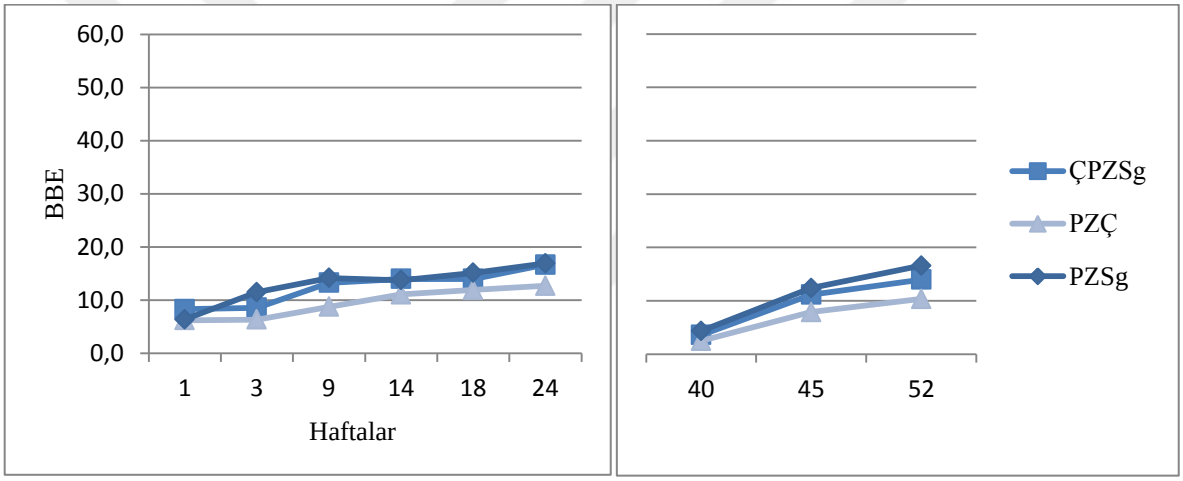
İlk ölçüm bitki dikimi gerçekleştirildikten 6 gün sonra 21.05.2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma 15.05.2018 – 07.05.2019 tarihleri arasını 52 haftalık çalışma dönemini kapsamaktadır. 52 haftalık çalışma boyunca 9 adet BBE ve Fv/Fm ölçümleri yapılmıştır. 06.05.2018 ve 06.05.2019 tarihlerinde bitkilerin canlı kütle ölçümleri yapılmıştır.

4.3.1. Bitki Büyüme Endeksi Ölçümlerine Ait Bulgular

Deney desenlerine 15.05.2018 tarihinde dikilen her bitki için belirli aralıklarla BBE ölçümleri yapılmıştır. Her bitki çalışma boyunca deney düzeneklerine paralel iki taraftan enleri ve yükseklikleri ölçülerek bunların ortalaması alınmış ve veri olarak kaydedilmiştir. Bu veriler ile bitkilerin büyüme miktarları değerlendirilmiştir. Çalışmanın Kasım, Aralık ve Ocak ayı kayıp zaman olarak değerlendirilmiştir. Bu aylarda ölçüm yapılmamıştır. BBE grafikleri bitkilerin vejetasyon dönemlerine göre 1. büyüme dönemi (15.05.2018-29.10.2018) ve 2. büyüme dönemi (04.02.2019-07.05.2019) olarak ikiye ayrılmıştır.

A. schoenoprasum bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 38'de verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek değer ÇPZSg yetiştirme ortamında iken en düşük değer PZÇ yetiştirme ortamlarındaki bireylerde olmuştur. Bitkilere dikildikten sonraki 20 gün boyunca belirli aralıklarla sulama yapılmıştır. 3. haftada ki ölçümler incelendiğinde PZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken PZÇ yetiştirme ortamında ki bireyler en düşük değeri almıştır. Sonraki ölçüm çalışmanın 9. haftasında gerçekleştirilmiştir. 9. haftada 3. haftadaki gibi PZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken PZÇ yetiştirme ortamında ki bireyler en düşük değeri almıştır. ÇPZSg yetiştirme ortamı 9. haftada en fazla artış gösteren ortam olmuştur. Çalışmanın 14. haftasında PZSg yetiştirme ortamındaki bireylerde hava şartlarının sıcak olması ve yağış olmaması nedeniyle gelişimlerinde gerileme görülmüştür. *A. schoenoprasum* bitkisi soğanlı bir bitkidir ve çalışma ortamına birkaç kök olarak dikilmiştir. Bu sebepten dolayı birden fazla gövdeye sahiptir. Bir gövdesi kaybedildiğinde diğeri yaşamını sürdürmektedir. Bu açıdan çalışma boyunca *A. schoenoprasum* bitkileri tamamıyla kaybedilmemeiştir. 14. haftada PZÇ en düşük değeri alırken ÇPZSg yetiştirme ortamı en yüksek değeri almıştır. Çalışmanın 16. ve 17. haftasında yağış olmuştur. 18. haftada yapılan ölçümlerde PZSg ve PZÇ yetiştirme ortamındaki bireylerin gelişimlerinde artış yaşanırken ÇPZSg'deki bireylerin gelişimlerinde azalma görülmüştür. En yüksek değer PZSg yetiştirme ortamındayken en düşük değer PZÇ yetiştirme ortamında görülmüştür. Çalışmanın 24. haftasında PZSg en yüksek değeri PZÇ yetiştirme ortamı en düşük değeri almıştır. Çalışma boyunca *A. schoenoprasum* bitkisinin en yüksek değeri çalışmanın 24. haftasında PZSg yetiştirme ortamında olmuştur. Çalışmanın 40. haftasında *A. schoenoprasum* bitkilerinde tüm yetiştirme ortamlarında hava şartları sebebiyle gelişim gösteremediği görülmüştür. Çalışma

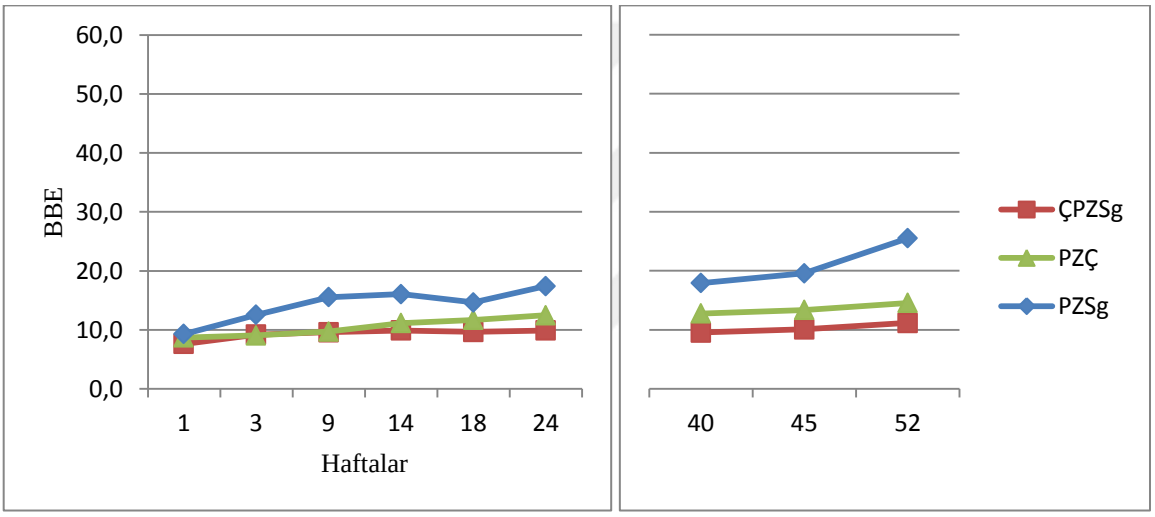
boyunca en düşük değer 40. haftasında PZÇ yetiştirme ortamında olmuştur. 40. haftada en yüksek değer PZSg ortamında olmuştur. 45. haftada yapılan ölçümlerde en düşük değeri PZÇ yetiştirme ortamı alırken en yüksek değeri PZSg yetiştirme ortamı almıştır. İlkbaharın gelmesiyle birlikte havalar ısınmıştır. Bu haftadaki yapılan ölçümlerde hava şartlarındaki değişimin bitki gelişimini olumlu etkilediği gözlemlenmiştir. 52. haftada son ölçümler yapılmıştır. Yapılan ölçümler sonucu ÇPZSg ortamında *A. schoenoprasum* bireylerinde en yüksek değerlere rastlanırken PZÇ ortamında en düşük değerlere rastlanmıştır. Son ölçüm olan 52. haftada yetiştirme ortamlarındaki *A. schoenoprasum* bireyleri incelendiğinde olumlu hava şartları nedeniyle hızlı ve verimli bir şekilde gelişim gösterdiği ve çiçeklendiği gözlemlenmiştir.



Şekil 38: A. *schoenoprasum* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

Cistus spp. bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 39'da verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek değer PZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde iken en düşük değer ÇPZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde olmuştur. Bitkilere dikildikten sonraki 20 gün boyunca belirli aralıklarla sulama yapılmıştır. 3. haftaki ölçümler incelendiğinde PZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken PZÇ yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en düşük değeri almıştır. Çalışmanın 9. haftasında PZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken ÇPZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en düşük değeri almıştır. Çalışmanın sonraki ölçümlerinden elde edilen veriler ışığında PZSg yetiştirme ortamlarında *Cistus spp.* bireylerinin ortalamaları en yüksek değerleri alırken ÇPZSg

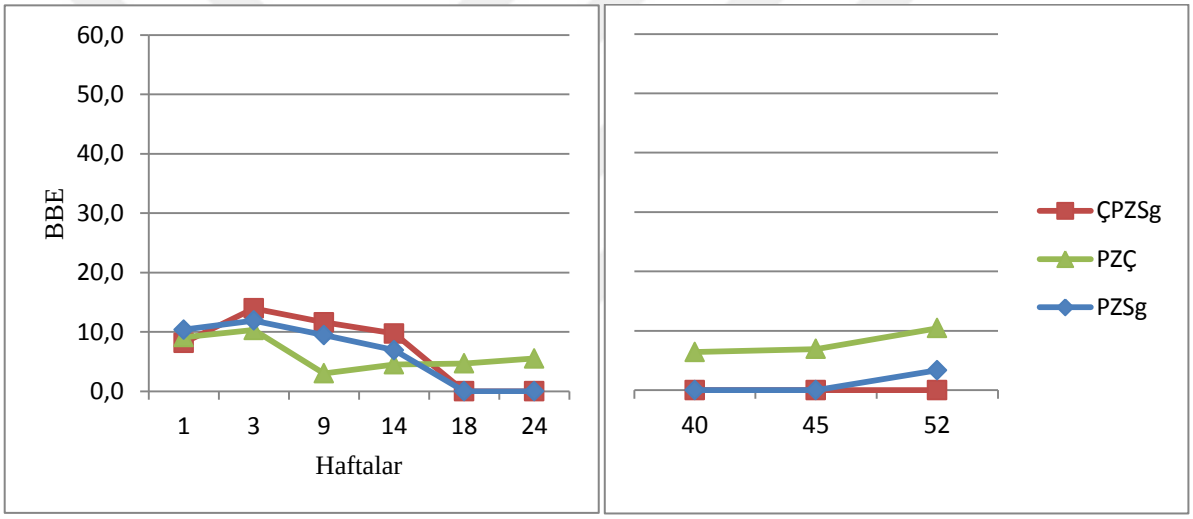
yetiştirme ortamlarında *Cistus spp.* bireylerinin ortalamaları en düşük değerleri almıştır. Hava şartlarının sıcak seyretmesinden dolayı 9. haftada bitkiler sıcaklıktan etkilenmiş 202 numaralı bireyin kaybı yaşanmıştır. Çalışmanın 18. haftasında hava şartlarının sıcak seyretmesinden dolayı ÇPZSg yetiştirme ortamındaki 203, 206, 207, 208, 209 numaralı bitkiler ve PZSg yetiştirme ortamındaki 220, 222, 224, 225 ve 227 numaralı bireylerin kaybı yaşanmıştır. 24. haftada 208 numaralı bitki bireyi tekrar canlanma göstermiştir. Çalışma boyunca en yüksek BBE değeri 52. haftada PZSg yetiştirme ortamında en düşük 1. haftada ÇPZSg yetiştirme ortamında yaşanmıştır. 52. haftada PZSg yetiştirme ortamındaki bireylerde hızlı bir gelişim gözlemlenmiştir.



Şekil 39: *Cistus spp.* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

S. thirkei bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 40'da verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek değer PZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde iken en düşük değer ÇPZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde kaydedilmiştir. Bitkilere dikildikten sonraki 20 gün boyunca belirli aralıklarla sulama yapılmıştır. 3. haftaki ölçümler incelendiğinde ÇPZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken PZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en düşük değeri almıştır. *S. thirkei* çalışmanın 3. haftasında kayıplara uğramıştır. ÇPZSg yetiştirme ortamındaki 301, 306 ve 308 numaralı bitkiler ve PZÇ yetiştirme ortamındaki 310, 312, 313, 314, 315, 316 ve 318 numaralı bitki bireylerinde kayıp yaşanmıştır. Çalışmanın 9. haftasında en yüksek değer ÇPZSg yetiştirme ortamında en düşük değer PZÇ yetiştirme

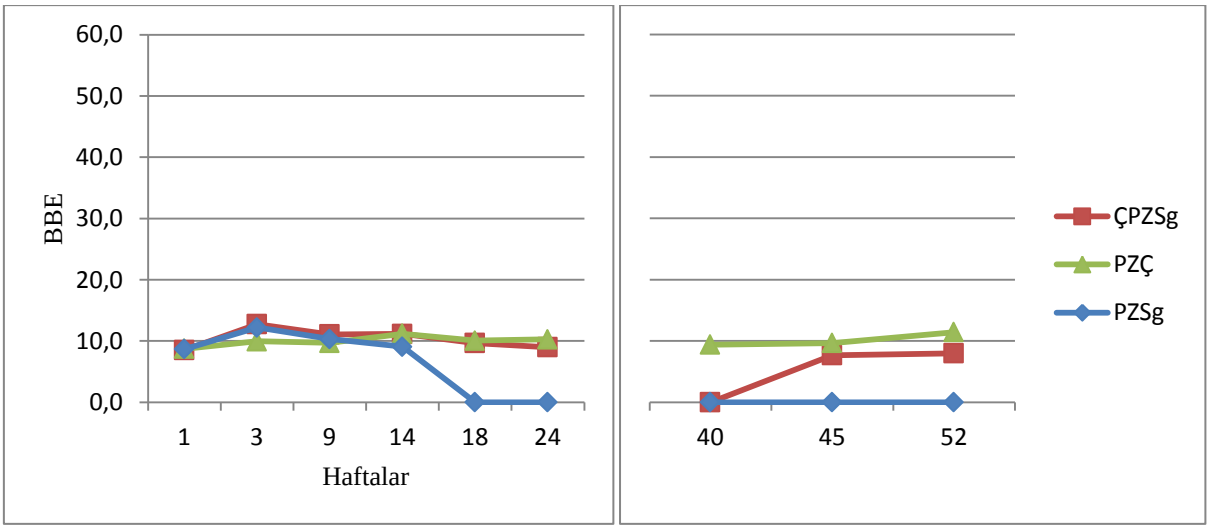
ortamında yaşanmıştır ve 310, 313, 314 ve 318 numaralı bitkilerde tekrar canlanma görülmüştür. 14. haftada ÇPZSg yetiştirme ortamında en yüksek değer kaydedilirken PZÇ yetiştirme ortamında en düşük değer kaydedilmiştir ve 310 numaralı bitki bireyinde tekrardan kayıp yaşanmıştır. Çalışmanın 18. haftasında ÇPZSg ve PZSg yetiştirme ortamlarında *S. thirkei* bireylerinin tamamında kayıp yaşanmıştır. Çalışmanın 52. haftasında ise 327 numaralı PZSg yetiştirme ortamındaki bir bireyin tekrar canlandığı tespit edilmiştir. 52. hafta ölçümleri incelendiğinde ÇPZSg yetiştirme ortamındaki bireyler en yüksek değerleri almıştır. Çalışma boyunca en yüksek BBE değeri 3. haftada ÇPZSg yetiştirme ortamında en düşük 18, 24, 40 ve 45. haftalarda ÇPZSg ve PZSg yetiştirme ortamlarında ve 52. hafta ÇPZSg yetiştirme ortamlarında yaşanmıştır.



Şekil 40: *S. thirkei* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

D. chinensis bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 41'de verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek BBE değeri PZÇ yetiştirme ortamlarındaki bireylerde iken en düşük değer ÇPZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde olmuştur. Bitkilere dikildikten sonraki 20 gün boyunca belirli aralıklarla sulama yapılmıştır. 3. haftaki ölçümler incelendiğinde ÇPZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken PZÇ yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en düşük değeri almıştır. Çalışmanın 9. haftasında ÇPZSg yetiştirme ortamındaki bitkiler en yüksek değeri PZÇ yetiştirme ortamındaki bitkiler en düşük değeri almıştır. 14. haftada PZÇ yetiştirme ortamında bitkiler en yüksek değeri PZSg yetiştirme ortamında bitkiler en düşük

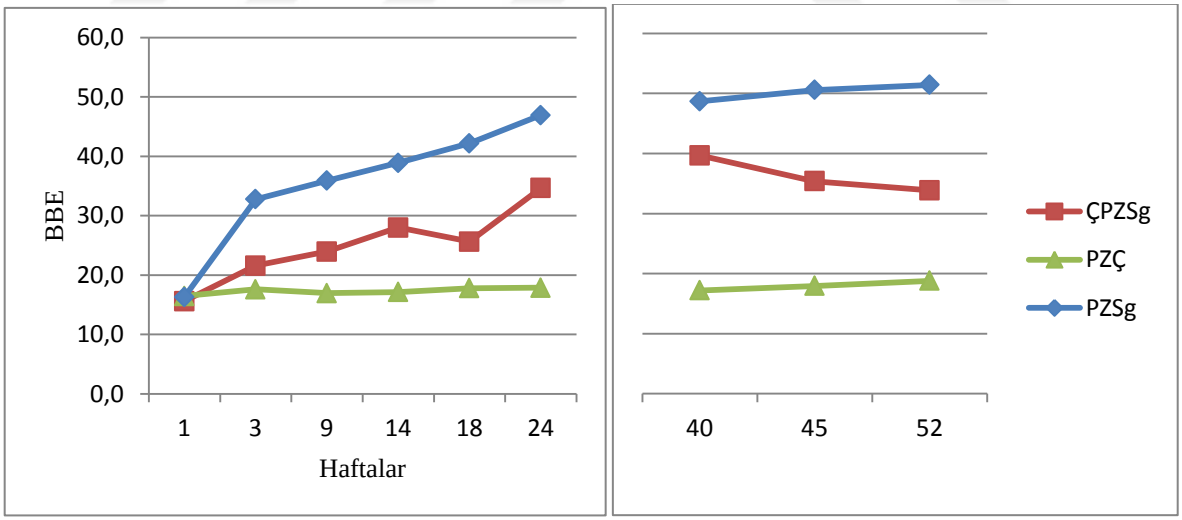
değeri almıştır ve ÇPZSg yetiştirme ortamındaki 403 numaralı bitki bireyinde kayıp yaşanmıştır. Çalışmanın 18. haftasında PZÇ yetiştirme ortamında bitkiler en yüksek değeri PZSg yetiştirme ortamında bitkiler en düşük değeri almıştır ve hava şartlarının sıcak seyretmesinden dolayı ÇPZSg yetiştirme ortamındaki 401, 402, 403, 404, 406, 407, 408 ve 409 numaralı bitkiler ile PZSg yetiştirme ortamındaki bütün *D. chinensis* bireylerinde kayıp yaşanmıştır. Çalışmanın 18. haftasına gelindiğinde PZSg yetiştirme ortamında *L. spectabilis* bitkileri ile *Sedum* bitkileri deney desenlerini kaplamıştır. Bu olay *D. chinensis* bitkilerinin altta kalıp yeterli güneş ışığını ve gelişebilmeleri için yeterli olan besini alamadıkları için bu bireylerde kayıp yaşanmıştır.Çalışmanın devamında PZSg yetiştirme ortamında *D. chinensis* bitkileri tekrardan canlılık göstermiştir. 24, 40 ve 45. haftada PZÇ yetiştirme ortamında BBE en yüksek değerleri alırken PZSg yetiştirme ortamında canlı *D. chinensis* bitkisi kalmadığı için en düşük değerleri almıştır. 40. haftada yaşam belirtisi göstermeyen 405 numaralı bitki 45. haftada canlılık göstermiştir. Çalışmanın 52. haftasında olumlu hava koşulları sebebiyle bireylerde çiçeklenme görülmüştür. 52. hafta ölçümleri incelendiğinde PZÇ yetiştirme ortamında en yüksek BBE değerleri tespit edilmiştir. Çalışma boyunca en yüksek BBE değeri 3. haftada ÇPZSg yetiştirme ortamında en düşük ise 18, 24, 40, 45 ve 52. haftalarda PZSg yetiştirme ortamı ile 40. haftada ÇPZSg yetiştirme ortamında görülmüştür.



Şekil 41: *D. chinensis* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

L. spectabilis bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 42'de verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek değer PZÇ yetiştirme

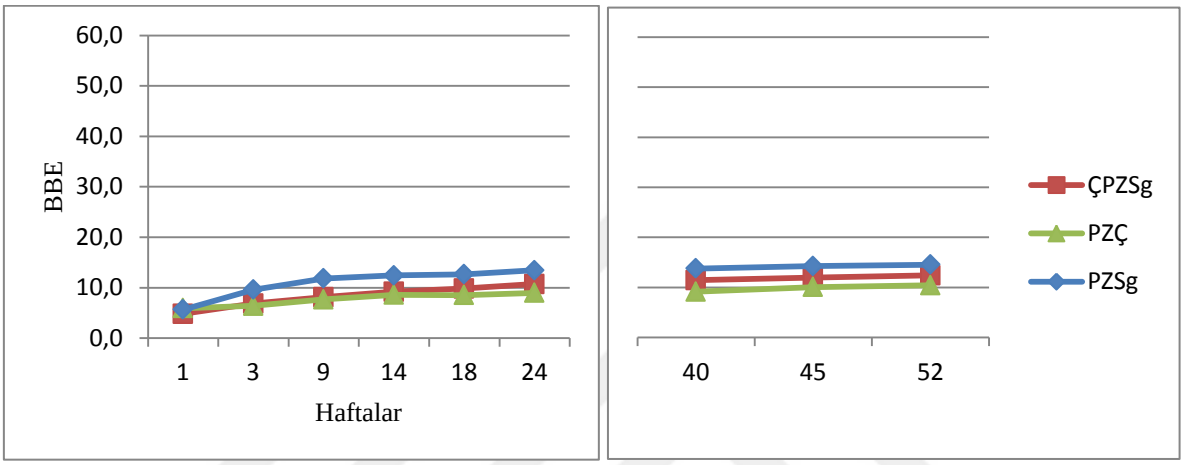
ortamlarındaki bireylerde iken en düşük değer ÇPZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde kaydedilmiştir. Bitkilere dikildikten sonraki 20 boyunca belirli aralıklarla sulama yapılmıştır. 3. haftaki ölçümler incelendiğinde PZSg yetiştirme ortamında ki bireylerin ortalamaları en yüksek değeri alırken PZÇ yetiştirme ortamında ki bireyler en düşük değeri almıştır. Çalışma boyunca ÇPZSg yetiştirme ortamında ki bireyler en yüksek değeri PZÇ yetiştirme ortamında ki bireyler ise en düşük değerleri almıştır. PZÇ yetiştirme ortamındaki bireyler yaz döneminde hava şartlarının sıcak seyretmesi sebebiyle verimli gelişme gösteremediği gözlemlenmiştir. PZSg yetiştirme ortamındaki bireylerin ise çalışmanın 9. haftasında tüm deseni kapladığı görülmüştür. Çalışmanın sonraki ölçümlerinde *L. spectabilis* sürgünlerinin bu kadar çok birbirleri içerisine girmesi ve uzun olmasından dolayı BBE ölçmek zorlaşmıştır. Çalışmanın 18. haftasında 513 numaralı PZÇ yetiştirme ortamındaki bitki bireyinde kayıp yaşanmıştır. 52. haftada son ölçümler yapıldığında PZÇ yetiştirme ortamındaki 514, 517 ve 518. numaralı bireylerin kaybedildiği gözlemlenmiştir ve yetiştirme ortamları içerisinde en yüksek değerin PZSg yetiştirme ortamında en düşük değerin PZÇ yetiştirme ortamında olduğu kaydedilmiştir. Çalışma boyunca en yüksek BBE değeri 45. haftada PZSg yetiştirme ortamında en düşük ise 1. haftada PZÇ yetiştirme ortamında görülmüştür.



Şekil 42: *L. spectabilis* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

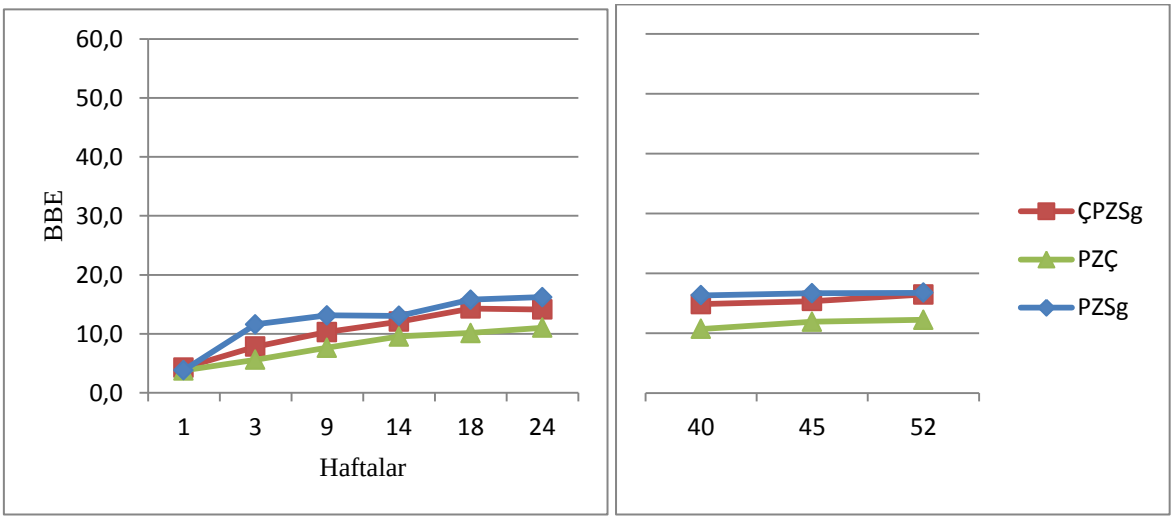
S. album bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 43'de verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek değer ÇPZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde iken en düşük değer PZÇ yetiştirme ortamlarındaki bireylerde

kaydedilmiştir. Bitkilere dikildikten sonraki 20 gün boyunca belirli aralıklarla su verilmiştir. Çalışmanın 3. haftasından sonra çalışma boyunca PZSg yetişme ortamları en yüksek BBE değeri alırken PZÇ yetişme ortamları en düşük BBE değeri almıştır. PZSg yetişme ortamlarında *S. album* bireylerinin çalışmanın 9. haftasında neredeyse deney desenini kapladığı görülmüştür. Çalışma boyunca en yüksek BBE değeri 52. haftada PZSg yetişme ortamlarında en düşük ise 1. haftada ÇPZSg yetiştirme ortamında görülmüştür.



Şekil 43: *S. album* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

S. lydium bireylerinin çalışma boyunca yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verilerine ait grafiği Şekil 44'de verilmiştir. Çalışma boyunca *S. lydium* bitkisi ile neredeyse aynı değerleri almıştır. Şekil 43 ile Şekil 44 grafikleri kıyaslandığında bu iki bitki türünün yetiştirme ortamlarında aynı grafikleri oluşturduğu fark edilmektedir. *S. lydium* çalışmanın 1. haftasında ÇPZSg yetiştirme ortamındaki bireyler en yüksek BBE değerini alırken PZÇ yetiştirme ortamlarındaki bireyler en düşük değerleri almıştır. Bitkilere dikildikten sonraki 20 boyunca belirli aralıklarla sulama yapılmıştır. Çalışmanın 3. haftasından sonra çalışma boyunca PZSg yetişme ortamları en yüksek değeri alırken PZÇ yetişme ortamları en düşük değeri almıştır. PZSg yetişme ortamlarında *S. lydium* bireyleri çalışmanın 9. haftasında neredeyse deney desenini kapladığı gözlemlenmiştir. Çalışma boyunca en yüksek BBE değeri 52. haftada PZSg yetişme ortamlarında en düşük ise 1. haftada PZÇ yetiştirme ortamında görülmüştür. 52. haftadaki ölçümlerde ÇPZSg yetiştirme ortamındaki bireylerin diğer yetiştirme ortamlarında bireylerine kıyasla hızlı bir gelişim gösterdiği görülmüştür.



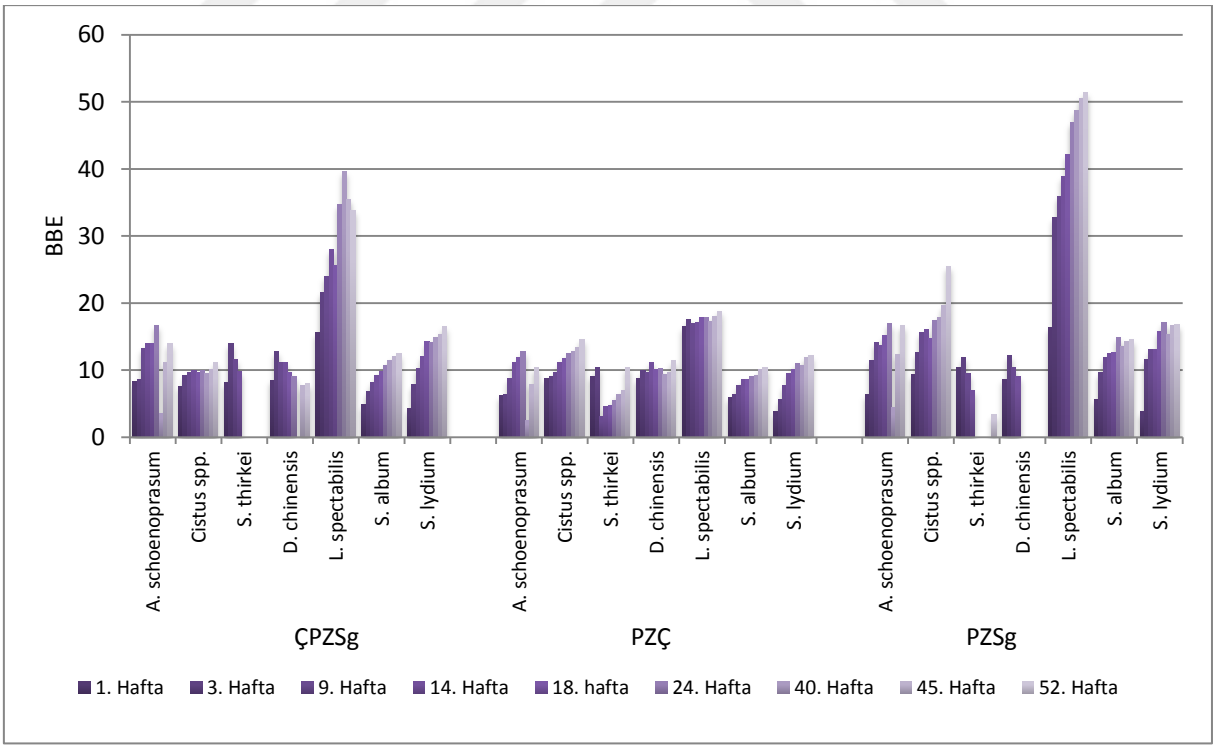
Şekil 44: *S. lydium* bireylerinin yetiştirme ortamlarına ait ortalama BBE verileri.

Çalışma boyunca haftalara göre bitki türlerinde yaşanan birey kayıp sayıları Tablo 12'de verilmiştir. Çalışmanın ilk 20 günü dışında herhangi bir su takviyesi yapılmamıştır. Hava şartlarının çok sıcak ve çok soğuk olduğu dönemlerde ve yağışların olmadığı dönemlerde bu kayıplar yaşanmıştır. Ayrıca bitki stres düzeyi, yetiştirme ortamlarının sahip olduğu fiziksel ve kimyasal özellikler ve yetiştirme ortamı nemleri bu kayıpların yaşanmasına sebep olan diğer faktörler olarak gösterilebilir. Tablo 12 incelendiğinde *A. schoenoprasum, S. album* ve *S. lydium* bitkilerinde kayıp olmadığı görülmektedir. En fazla kayıp 22'şer adet bireyle PZSg ve ÇPZSg yetiştirme ortamlarında en az kayıp ise 8 adet bireyle PZÇ yetiştirme ortamında yaşanmıştır. ÇPZSg yetiştirme ortamında 5 adet *Cistus spp.*, 9 adet *S. thirkei* ve 8 adet *D. chinensis* bireyi kaybedilmiştir. PZÇ yetiştirme ortamında 4 adet *S. thirkei* ve 4 adet *L. spectabilis* bireyinin, PZSg yetiştirme ortamında 5 adet *Cistus spp.*, 8 adet *S. thirkei* ve 9 adet *D. chinensis* bireyinin kaybedildiği tespit edilmiştir. Çalışma boyunca 207 adet bitkiden 52 adet bitki kaybı yaşanmıştır. Her bir bitki türü için bireylerin yetiştirme ortamlarına ve ölçüm haftalarına göre ortalama BBE değerleri grafiği Şekil 45'de verilmiştir.

Tablo 12: Haftalara göre denenen bitki türlerinde yaşanan birey kayıp sayıları.

Y.O.	**ÇPZSg**							**PZÇ**							**PZSg**						
Bitki Türü / Hafta	*A. schoenoprasum*	*Cistus spp.*	*S. thirkei*	*D. chinensis*	*L. spectabilis*	*S. album*	*S. lydium*	*A. schoenoprasum*	*Cistus spp.*	*S. thirkei*	*D. chinensis*	*L. spectabilis*	*S. album*	*S. lydium*	*A. schoenoprasum*	*Cistus spp.*	*S. thirkei*	*D. chinensis*	*L. spectabilis*	*S. album*	*S. lydium*
1. Hafta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Hafta	-	-	3	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Hafta	-	1	-	-	-	-	-	-	-	4*	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
14. Hafta	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
18. Hafta	**-**	**5**	**6**	**7**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**1**	**-**	**-**	**-**	**5**	**5**	**9**	**-**	**-**	**-**
24. Hafta	-	1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40. Hafta	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45. Hafta	-	-	-	1*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
52. Hafta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1*	-	-	-	-
Toplam	-	5	9	8	-	-	-	-	-	4	-	4	-	-	-	5	8	9	-	-	-

*: Bu haftalarda önceki haftalarda kaybedilen bireyler tekrar canlılık göstermiştir.



Şekil 45: Bireylerin çalışma haftalarına göre ortalama BBE değerleri.

Çalışma boyunca yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler arasındaki anlamlı farklar/ilişkiler değerlendirilmek üzere varyans analizi–Fisher en küçük anlamlı fark analizi testi yapılmıştır. BBE değerleri Fisher LSD metodu yardımıyla %95 güvenirlik sağlayarak belirlenen ortalama ve harf değerleri Tablo 13'de gösterilmektedir.

Tablo 13: BBE değerlerine ait varyans analizi verileri.

	Y.O.			**95% CI**		
	ÇPZSg	**PZÇ**	**PZSg**	**ÇPZSg**	**PZÇ**	**PZSg**
A. schoenoprasum						
1. Hafta	08,297 **A**	06,240 B	06,389 B	08,297 ± 0,841	06,240 ± 1,872	06,389 ± 1,031
3. Hafta	08,574 B	06,351 C	11,481 **A**	08,574 ± 1,579	06,351 ± 2,146	11,481 ± 1,200
9. Hafta	13,278 **A**	08,741 B	14,185 **A**	13,278 ± 1,911	08,741 ± 1,259	14,185 ± 1,334
14. Hafta	13,981 **A**	11,074 B	13,741 **A**	13,981 ± 1,705	11,074 ± 2,019	13,741 ± 1,847
18. Hafta	14,000 **A**	11,926 B	15,148 **A**	14,000 ± 2,095	11,926 ± 2,165	15,148 ± 1,692
24. Hafta	16,667 **A**	12,704 B	16,930 **A**	16,667 ± 2,560	12,704 ± 2,017	16,930 ± 4,380
40. Hafta	03,593 **A**	02,481 B	04,352 **A**	03,593 ± 0,791	02,481 ± 0,669	04,352 ± 1,386
45. Hafta	11,148 **A**	07,889 B	12,370 **A**	11,148 ± 1,608	07,889 ± 1,054	12,370 ± 1,086
52. Hafta	13,963 B	10,333 C	16,593 **A**	13,963 ± 1,837	10,333 ± 1,312	16,593 ± 1,128
Cistus spp.						
1. Hafta	07,630 B	08,722 **A**	09,296 **A**	07,630 ± 1,178	08,722 ± 0,741	09,296 ± 0,735
3. Hafta	09,204 B	09,056 B	12,574 **A**	09,204 ± 2,049	09,056 ± 0,946	12,574 ± 1,359
9. Hafta	09,604 B	09,704 B	15,560 **A**	09,604 ± 2,659	09,704 ± 1,486	15,560 ± 3,130
14. Hafta	09,917 B	11,148 B	16,070 **A**	09,917 ± 2,736	11,148 ± 2,322	16,070 ± 3,580
18. Hafta	09,670 B	11,704 AB	14,670 **A**	09,670 ± 3,180	11,704 ± 2,233	14,670 ± 3,210
24. Hafta	09,920 B	12,481 B	17,420 **A**	09,920 ± 2,690	12,481 ± 2,709	17,420 ± 4,230
40. Hafta	09,540 B	12,780 B	17,920 **A**	09,540 ± 2,540	12,780 ± 3,540	17,920 ± 4,020
45. Hafta	10,080 B	13,370 B	19,580 **A**	10,080 ± 3,470	13,370 ± 3,650	19,580 ± 4,740
52. Hafta	11,170 B	14,560 B	25,500 **A**	11,170 ± 4,820	14,560 ± 3,730	25,500 ± 4,630
S. thirkei						
1. Hafta	08,167 **A**	09,111 **A**	10,370 **A**	08,167 ± 2,761	09,111 ± 2,131	10,370 ± 3,16
3. Hafta	13,973 **A**	10,330 **A**	11,910 **A**	13,973 ± 1,863	10,330 ± 4,240	11,910 ± 4,84
9. Hafta	11,610 **A**	03,027 B	09,470 **A**	11,610 ± 3,320	03,027 ± 2,203	09,470 ± 7,98
14. Hafta	09,720 **A**	04,534 B	06,930 AB	09,720 ± 4,120	04,534 ± 1,837	06,930 ± 4,40
18. Hafta					**	
24. Hafta					**	
40. Hafta		**				
45. Hafta		**				
52. Hafta		10,420 **A**	03,330 **A**		10,420 ± 7,800	
D. chinensis						
1. Hafta	08,519 **A**	08,741 **A**	08,667 **A**	08,519 ± 0,704	08,741 ± 0,613	08,667 ± 0,731
3. Hafta	12,741 **A**	09,963 B	12,204 **A**	12,741 ± 1,035	09,963 ± 0,927	12,204 ± 1,687
9. Hafta	11,074 **A**	09,704 B	10,333 B	11,074 ± 0,862	09,704 ± 0,735	10,333 ± 0,500
14. Hafta	11,167 **A**	11,185 **A**	09,074 B	11,167 ± 1,333	11,185 ± 0,603	09,074 ± 0,983
18. Hafta	09,667 **A**	10,074 **A**	*	09,667 ± *	10,074 ± 0,494	*
24. Hafta	09,000 **A**	10,259 **A**	*	09,000 ± *	10,259 ± 0,741	*

Tablo 13 (devam): BBE değerlerine ait varyans analizi verileri.

40. Hafta	**			**	**	**
45. Hafta	07,667 B	09,667 **A**	**	*	9,667 ± 0,645	**
52. Hafta	08,000 **A**	11,444 **A**	**	**	11,444 ± 1,546	**
L. spectabilis						
1. Hafta	15,590 **A**	16,480 **A**	16,315 **A**	15,590 ± 3,150	16,480 ± 3,870	16,315 ± 2,649
3. Hafta	21,593 B	17,590 C	32,760 **A**	21,593 ± 2,660	17,590 ± 4,020	32,760 ± 4,010
9. Hafta	23,960 B	16,960 C	35,889 **A**	23,960 ± 3,790	16,960 ± 4,680	35,889 ± 2,217
14. Hafta	28,000 B	17,150 C	38,890 **A**	28,000 ± 4,370	17,150 ± 4,600	39,740 ± 3,890
18. Hafta	25,630 B	17,790 C	42,190 **A**	25,630 ± 6,700	17,790 ± 3,580	42,960 ± 6,370
24. Hafta	34,670 B	17,880 C	46,930 **A**	34,670 ± 6,150	17,880 ± 4,310	49,370 ± 8,540
40. Hafta	39,670 B	17,210 C	48,670 **A**	39,670 ± 5,630	17,210 ± 5,630	48,670 ± 8,680
45. Hafta	35,370 B	17,960 C	50,550 **A**	35,370 ± 5,810	17,960 ± 4,350	50,550 ± 8,570
52. Hafta	33,850 B	18,800 C	51,410 **A**	33,850 ± 5,440	18,800 ± 4,910	51,410 ± 8,430
S. album						
1. Hafta	04,833 B	05,944 **A**	05,681 AB	04,833 ± 0,907	05,944 ± 1,386	05,681 ± 0,965
3. Hafta	06,861 B	06,403 B	09,625 **A**	06,861 ± 1,017	06,403 ± 0,988	09,625 ± 0,742
9. Hafta	08,139 B	07,667 B	11,833 **A**	08,139 ± 1,672	07,667 ± 1,044	11,833 ± 1,655
14. Hafta	09,194 B	08,611 B	12,444 **A**	09,194 ± 1,726	08,611 ± 1,162	12,444 ± 1,898
18. Hafta	09,833 B	08,528 B	12,667 **A**	09,833 ± 2,307	08,528 ± 1,648	12,667 ± 1,938
24. Hafta	10,722 B	08,972 C	13,444 **A**	10,722 ± 2,107	08,972 ± 1,784	13,444 ± 1,755
40. Hafta	11,444 B	09,139 C	13,778 **A**	11,444 ± 2,649	09,139 ± 1,936	13,778 ± 1,760
45. Hafta	12,000 B	10,083 C	14,264 **A**	12,000 ± 1,896	10,083 ± 2,203	14,264 ± 1,893
52. Hafta	12,417 B	10,417 C	14,542 **A**	12,417 ± 1,902	10,417 ± 2,203	14,542 ± 1,855
S. lydium						
1. Hafta	04,250 **A**	03,806 **A**	03,847 **A**	04,250 ± 0,981	03,806 ± 0,707	03,847 ± 0,698
3. Hafta	07,847 B	05,611 C	11,625 **A**	07,847 ± 1,276	05,611 ± 0,952	11,625 ± 1,874
9. Hafta	10,306 B	07,653 C	13,139 **A**	10,306 ± 1,527	07,653 ± 1,031	13,139 ± 1,800
14. Hafta	12,083 **A**	09,556 B	13,056 **A**	12,083 ± 2,021	09,556 ± 1,578	13,056 ± 1,984
18. Hafta	14,306 **A**	10,139 B	15,806 **A**	14,306 ± 2,780	10,139 ± 1,642	15,806 ± 1,381
24. Hafta	14,139 B	11,056 C	16,221 **A**	14,139 ± 2,680	11,056 ± 1,906	16,221 ± 2,099
40. Hafta	14,833 **A**	10,694 B	16,306 **A**	14,833 ± 3,189	10,694 ± 2,488	16,306 ± 1,844
45. Hafta	15,330 **A**	11,889 B	16,653 **A**	15,330 ± 3,580	11,889 ± 2,599	16,653 ± 2,262
52. Hafta	16,444 **A**	12,222 B	16,735 **A**	16,444 ± 3,046	12,222 ± 2,599	16,735 ± 2,189

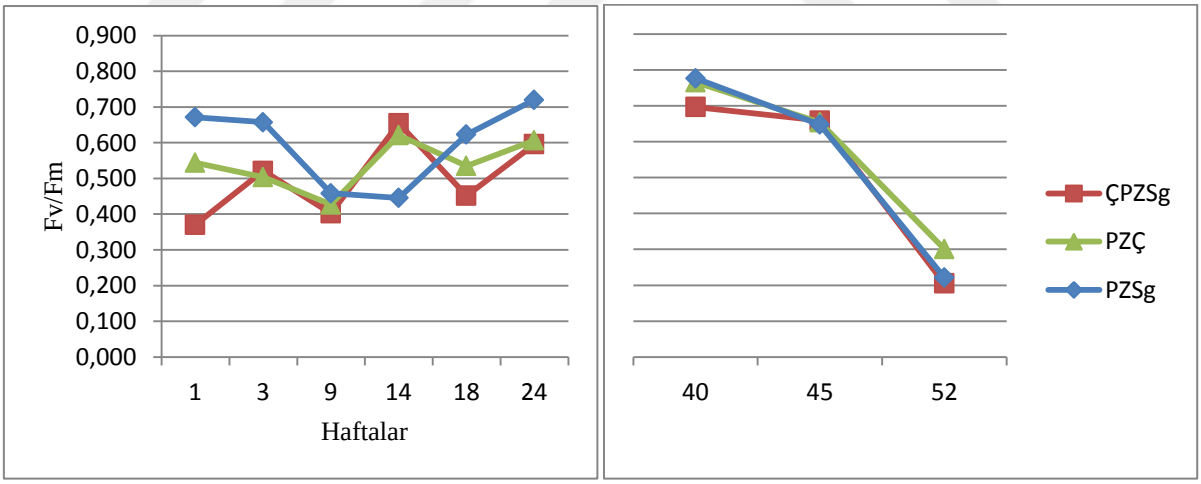
*: Yeterli veri olmadığı için sonuç bulunamamıştır. **: Yeterli veri olmadığı için sonuç bulunamamıştır.

4.3.2.Bitkilerin Stres Düzeylerine Ait Bulgular

Çalışma boyunca her bir bitki için klorofil florimetre ölçüm cihazıyla bitkilerin stres düzeyi (Fv/Fm) ölçümleri yapılmıştır. Hava şartları, yetiştirme ortamının fiziksel ve kimyasal özellikleri ve toprak nemine bağlı olarak bitkilerin göstermiş oldukları fizyolojik tepkiler Fv/Fm parametrelerine göre değerlendirilmiştir. Bitkilerin stres düzeyi Fv/Fm<0.600 ise

bitkinin strese girdiği kabul edilmektedir. Fv/Fm grafikleri bitkilerin vejetasyon dönemlerine göre 1. büyüme dönemi (15.05.2018-29.10.2018) ve 2. büyüme dönemi (04.02.2019-07.05.2019) olarak ikiye ayrılmıştır.

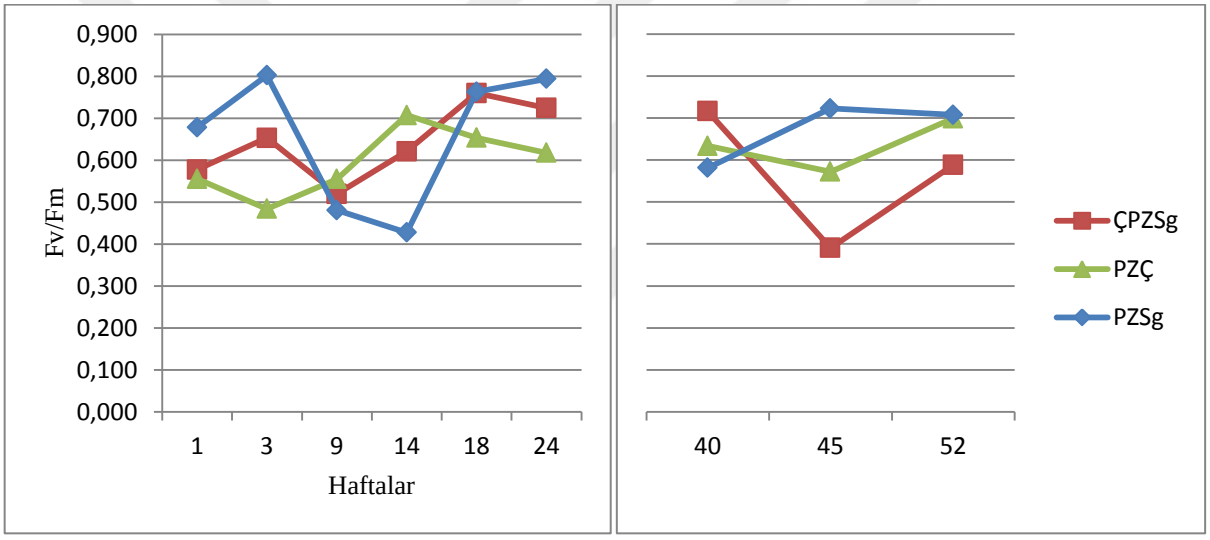
A. schoenoprasum bireylerinin ortalama Fv/Fm verilerine ait grafiği Şekil 46'da verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında yapılan ölçümlerde Fv/Fm verilerine ait en yüksek stres değeri PZSg yetiştirme ortamında iken en düşük stres değeri ÇPZSg yetiştirme ortamlarındaki bireylerde görülmüştür. 3. haftada PZSg yetiştirme ortamındaki bitkiler en yüksek stres değerine sahipken PZÇ yetiştirme ortamındaki bitkiler en düşük stres değerine sahiptir. 9. haftada tüm bitkiler strese girmiştir. Bu olayda en büyük etken hava sıcaklığındaki artış ve uzun süre yağışın olmamasıdır. 14. haftada stres değeri en küçük PZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres değeri ÇPZSg yetiştirme ortamında yaşanmıştır. Çalışmanın 18. haftasında PZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres değeri oluşurken ÇPZSg yetiştirme ortamında en küçük stres değeri oluşmuştur. Çalışmanın 24, 40 ve 45. haftalarında her bir yetiştirme ortamında bitkilerde stres görülmemiştir. 52. haftada ki ölçümlerde her bir yetiştirme ortamında *A. schoenoprasum* bireylerinin strese girdiği tespit edilmiştir.



Şekil 46: A. *schoenoprasum* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

Cistus spp. bireylerinin ortalama Fv/Fm verilerine ait grafiği Şekil 47'de verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında Fv/Fm verilerine ait en yüksek stres değeri PZSg yetiştirme ortamında iken en düşük stres değeri PZÇ yetiştirme ortamlarındaki bireylerde görülmüştür. 3. haftada PZSg yetiştirme ortamındaki bitkiler çalışma boyunca en yüksek stres değerine sahiptir. PZÇ yetiştirme ortamındaki bitkiler ise 3. haftada en düşük stres değerine sahiptir. 9.

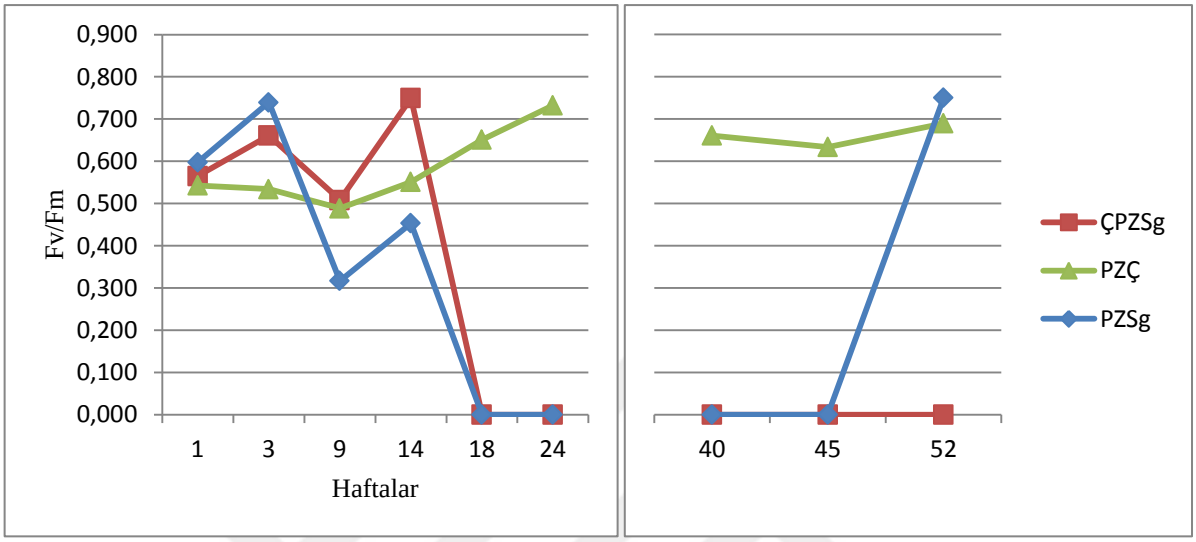
haftada hava sıcaklığındaki artış ve uzun süre yağışın olmaması nedeniyle tüm bitkiler strese girmiştir. 14. haftada stres değeri en küçük PZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres değeri PZÇ yetiştirme ortamında yaşanmıştır. Çalışmanın 18. ve 24. haftalarında bitkiler strese girmemiştir. 40. haftada en düşük stres PZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres ÇPZSg yetiştirme ortamındaki bireylerde yaşanmıştır. 45. haftada çalışma boyunca en düşük stres ÇPZSg yetiştirme ortamında yaşanmıştır. PZSg yetiştirme ortamındaki bireylerde stres görülmemiştir. Çalışmanın 52. haftasında yapılan ölçümlerde PZSg yetiştirme ortamının en yüksek stres değerine ÇPZSg yetiştirme ortamının ise en düşük stres değerine sahip olduğu kaydedilmiştir. Her üç yetiştirme ortamı için *Cistus spp.*bireylerinin strese girmedikleri tespit edilmiştir.



Şekil 47: *Cistus spp.* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

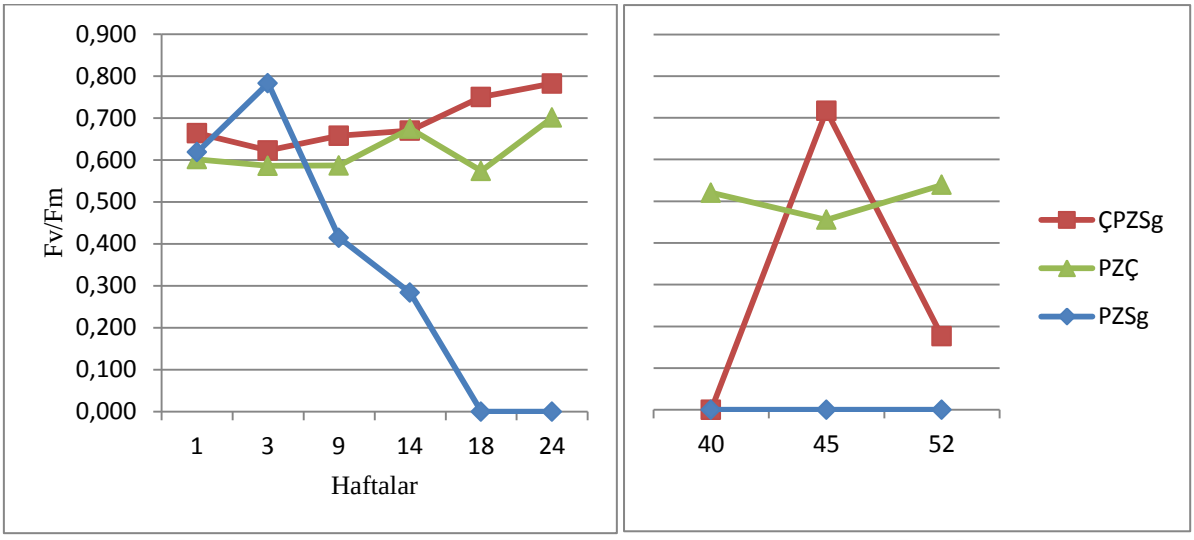
S. thirkei bireylerinin ortalama Fv/Fm verilerine ait grafiği Şekil 48'de verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında her bir yetiştirme ortamında da bitkiler strese girmiştir. 3. haftada PZSg yetiştirme ortamındaki bitkiler çalışma boyunca en yüksek stres değerine sahiptir. PZÇ yetiştirme ortamındaki bitkiler ise 3. haftada en düşük stres değerine sahiptir. Çalışmanın 9. haftasında tüm yetiştirme ortamlardaki bireyler strese girmiştir. 14. haftada stres değeri en küçük PZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres değeri ÇPZSg yetiştirme ortamında yaşanmıştır. Çalışmanın 18, 24, 40. ve 45. haftalarında PZSg ve ÇPZSg yetiştirme ortamlarında canlı *S. thirkei* bitkisi olmadığından bu ortamlara ait stres değerleri yoktur. PZÇ yetiştirme ortamında ise çalışmanın sonraki verilerinden bireylerin strese girmediği tespit

edilmiştir. Çalışmanın 52. haftasında PZSg yetiştirme ortamında 327 numaralı *S. thirkei* bireyinin tekrar canlılık gösterdiği görülmektedir. 52. haftada yapılan ölçümlerde en yüksek stres değeri PZSg yetiştirme ortamında kaydedilmiştir.



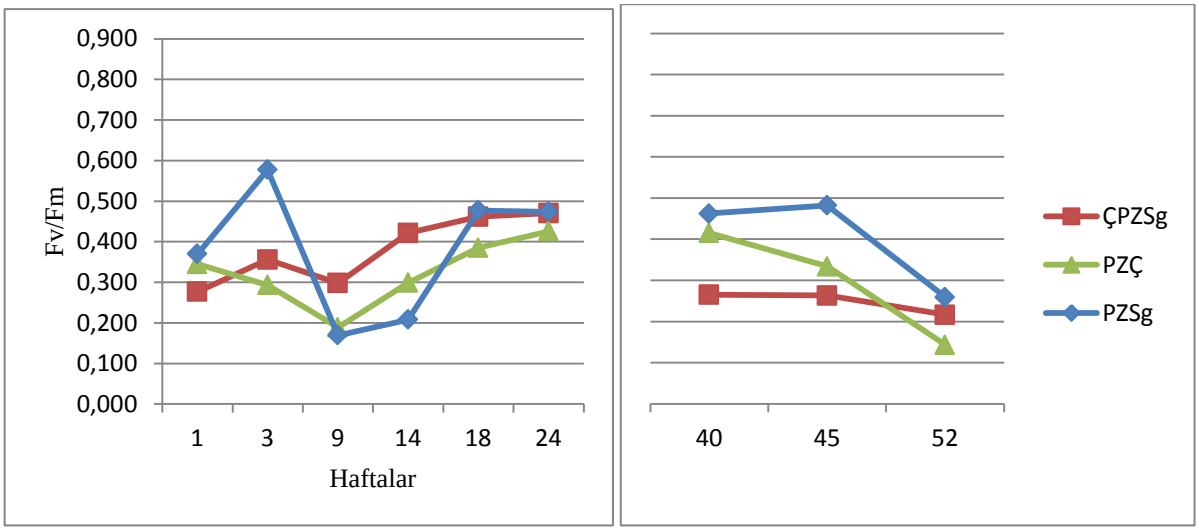
Şekil 48: *S. thirkei* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

D. chinensis bireylerinin ortalama Fv/Fm verilerine ait grafiği Şekil 49'da verilmiştir. Çalışmanın 1. haftasında en yüksek stres değeri 0.664 ile ÇPZSg yetiştirme ortamında yaşanırken 0.602 değeri ile PZÇ yetiştirme ortamında en düşük stres yaşanmıştır. Görüldüğü üzere her bir yetiştirme ortamında da bitkiler strese girmemiştir. 3. haftada çalışma boyunca PZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres değerleri görülmüştür. PZSg yetiştirme ortamında 9. ve 14. haftalarda bitkiler strese girmiştir ve 18. haftadan sonra bu yetiştirme ortamında bitkiler kaybedildiği için ölçüm yapılmamıştır. Çalışmanın 9. haftasında ÇPZSg yetiştirme ortamında en yüksek stres değerleri yaşanırken PZÇ yetiştirme ortamında en düşük stres değerleri oluşmuştur. 14. haftada her iki yetiştirme ortamında bitkiler stres yaşamamıştır. 18 haftada ÇPZSg yetiştirme ortamındaki bireyler en yüksek stres değerine PZÇ yetiştirme ortamındaki bireyler en düşük stres değerine sahiptir. 24. haftada bireylerde stres görülmemiştir. 40. haftada ÇPZSg ortamında *D. chinensis* bireyleri olmadığı için stres değerleri yoktur. 40. haftada PZÇ yetiştirme ortamındaki bireyler strese girmiştir. 45. haftada ÇPZSg ortamında kaybolan bitki tekrar canlılık göstermiştir ve bireylerde stres görülmemiştir. 45. haftada PZÇ yetiştirme ortamındaki bireylerde stres görülmüştür. 52. haftada PZÇ yetiştirme ortamında en yüksek stres değeri tespit edilmiştir.



Şekil 49: *D. chinensis* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

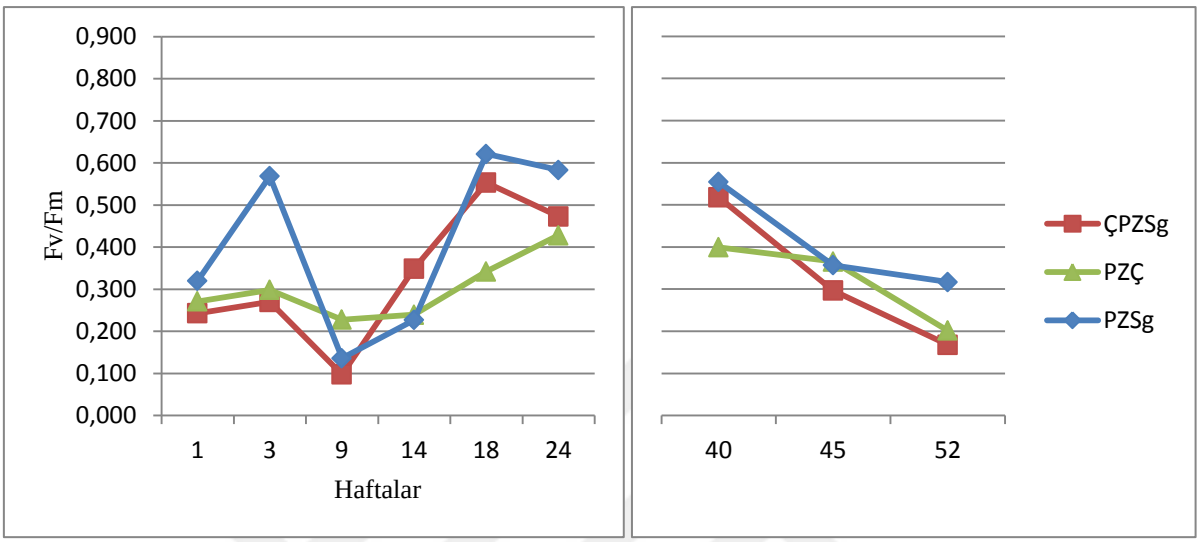
L. spectabilis bireylerinin ortalama stres (Fv/Fm) verilerine ait grafiği Şekil 50'de verilmiştir. Çalışma boyunca tüm bitkilerde stres görülmüştür. En yüksek stres değeri 3. haftada PZSg yetiştirme ortamında en düşük stres değeri 52. hafta PZÇ yetiştirme ortamında görülmüştür. PZSg yetiştirme ortamında verimli bir şekilde büyümesine rağmen stres altında olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 50: *L. spectabilis* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

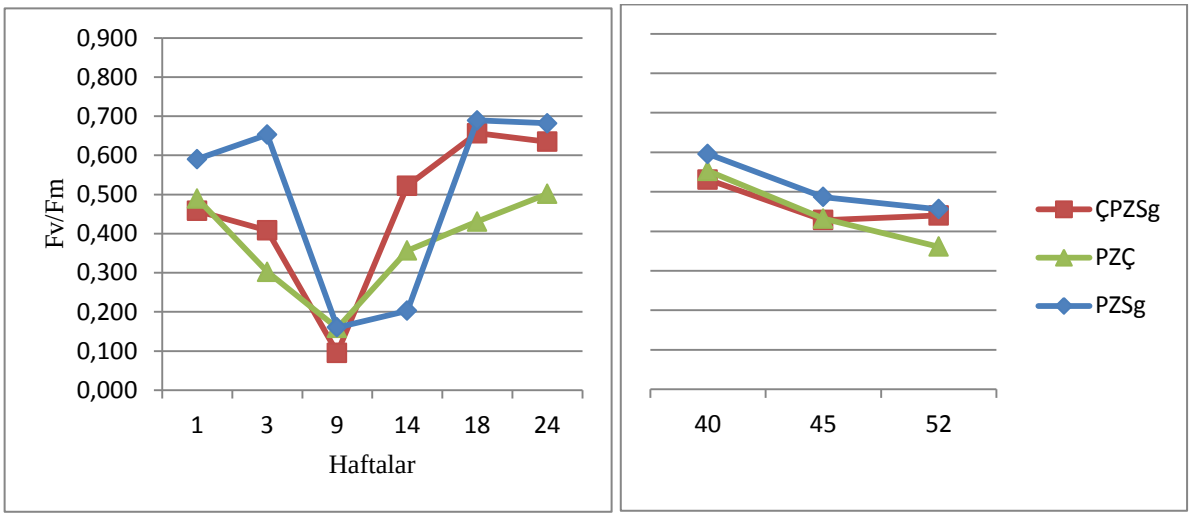
S. album bireylerinin ortalama Fv/Fm verilerine ait grafiği Şekil 51'de verilmiştir. 18. hafta PZSg yetiştirme ortamındaki bireyler hariç çalışma boyunca *S. album* bireyleri stres altında

olduğu görülmektedir. En yüksek stres değeri 18. hafta PZSg yetiştirme ortamında 0.621 en düşük stres değeri 0.097 olarak ölçülmüştür. Çalışma alanında *S.album* bitkileri incelendiğinde verimli bir şekilde geliştiği görülmektedir.



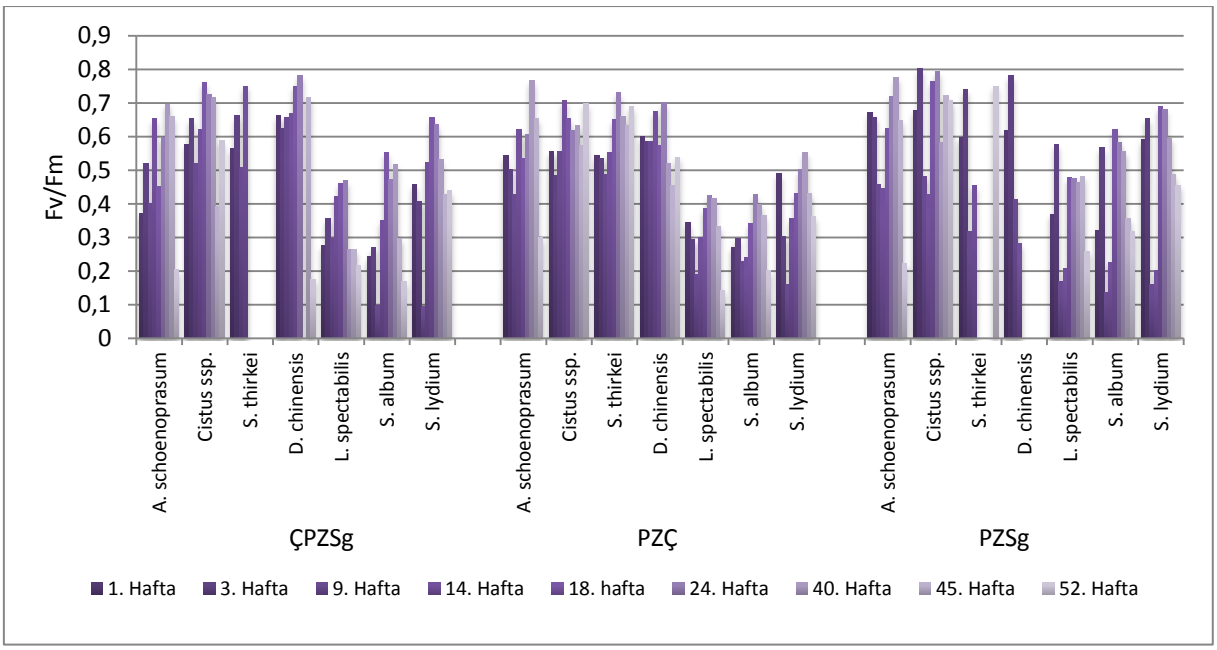
Şekil 51: *S. album* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

S. lydium bireylerinin ortalama Fv/Fm verilerine ait grafiği Şekil 52'de verilmiştir. *S. Lydium* bireylerinin stres grafiği incelendiğinde *S.album* bireylerinin stres grafiği ile benzerlik gösterdiği görülmektedir. Çalışmanın 9. haftasında hava koşullarının sıcak seyretmesi ve uzun süre yağış olmaması nedeniyle bireylerin tamamında stres görülmüştür. PZÇ yetiştirme ortamında çalışma boyunca bireylerde stres görülmüştür. PZSg yetiştirme ortamında 3. 18. ve 24. haftalarda stres görülmemiştir. ÇPZSg yetiştirme ortamında ise 18. ve 24. haftalarda stres görülmemiştir. Çalışma alanı gözlemlendiğinde *S. Lydium* bitkilerinin verimli bir şekilde geliştiği görülmüştür.



Şekil 52: *S. lydium* bireylerinin ortalama Fv/Fm verileri.

Her bir bitki türü için bireylerin çalışma haftalarına göre ortalama Fv/Fm değerleri grafiği Şekil 53'de verilmiştir. Çalışma boyunca yapılan ölçümler sonucu elde edilen veriler arasındaki anlamlı farklar/ilişkiler değerlendirilmek üzere varyans analizi–Fisher en küçük anlamlı fark analizi testi yapılmıştır. Fv/Fm değerleri Fisher LSD metodu yardımıyla %95 güvenirlik sağlayarak belirlenen ortalama ve harf değerleri Tablo 14'de verilmiştir.



Şekil 53: Bireylerin çalışma haftalarına göre ortalama Fv/Fm değerleri.

Tablo 14: Stres düzeyi (Fv/Fm) değerlerine ait varyans analizi verileri.

	Y.O.			95% CI		
	ÇPZSg	**PZÇ**	**PZSg**	**ÇPZSg**	**PZÇ**	**PZSg**
A. schoenoprasum						
1. Hafta	0,3707 B	0,5440 **A**	0,6714 **A**	0,3707 ± 0,1861	0,5440 ± 0,2164	0,6714 ± 0,0642
3. Hafta	0,5212 **A**	0,5034 **A**	0,6576 **A**	0,5212 ± 0,2452	0,5034 ± 0,159	0,6576 ± 0,2004
9. Hafta	0,4022 **A**	0,4270 **A**	0,4582 **A**	0,4022 ± 0,1809	0,4270 ± 0,1007	0,4582 ± 0,1650
14. Hafta	0,6541 **A**	0,6209 **A**	0,4453 B	0,6541 ± 0,1476	0,6209 ± 0,0969	0,4453 ± 0,2129
18. Hafta	0,4516 **A**	0,5352 **A**	0,6230 **A**	0,4516 ± 0,2496	0,5352 ± 0,1559	0,6230 ± 0,1035
24. Hafta	0,5961 **A**	0,6067 **A**	0,7202 **A**	0,5961 ± 0,0897	0,6067 ± 0,1901	0,7202 ± 0,0681
40. Hafta	0,6967 B	0,7657 AB	0,7762 **A**	0,6967 ± 0,1279	0,7657 ± 0,0322	0,7762 ± 0,0196
45. Hafta	0,6589 **A**	0,6537 **A**	0,6477 **A**	0,6589 ± 0,0809	0,6537 ± 0,0732	0,6477 ± 0,0814
52. Hafta	0,2052 **A**	0,3009 **A**	0,2217 **A**	0,2052 ± 0,2188	0,3009 ± 0,1808	0,2217 ± 0,1319
Cistus spp.						
1. Hafta	0,5775 **A**	0,5554 **A**	0,6783 **A**	0,5775 ± 0,1763	0,5554 ± 0,1614	0,6783 ± 0,0678
3. Hafta	0,6530 B	0,4839 C	0,8022 **A**	0,6530 ± 0,1899	0,4839 ± 0,1079	0,8022 ± 0,0514
9. Hafta	0,5196 **A**	0,5551 **A**	0,4806 **A**	0,5196 ± 0,2564	0,5551 ± 0,1817	0,4806 ± 0,2254
14. Hafta	0,6209 **A**	0,7072 **A**	0,4274 B	0,6209 ± 0,1676	0,7072 ± 0,0771	0,4274 ± 0,2698
18. Hafta	0,7600 **A**	0,6536 B	0,7627 **A**	0,7600 ± 0,0476	0,6536 ± 0,0756	0,7627 ± 0,0198
24. Hafta	0,7242 AB	0,6175 B	0,7937 **A**	0,7242 ± 0,0498	0,6175 ± 0,1736	0,7937 ± 0,0123
40. Hafta	0,7160 **A**	0,6333 **A**	0,5810 **A**	0,7160 ± 0,0346	0,6333 ± 0,0668	0,5810 ± 0,2450
45. Hafta	0,3910 B	0,7225 **A**	0,5720 AB	0,3910 ± 0,2900	0,7225 ± 0,1164	0,5720 ± 0,0486
52. Hafta	0,5880 **A**	0,6989 **A**	0,7075 **A**	0,5880 ± 0,3090	0,6989 ± 0,0755	0,7075 ± 0,0394
S. thirkei						
1. Hafta	0,5650 **A**	0,5428 **A**	0,5979 **A**	0,565 ± 0,3120	0,5428 ± 0,2412	0,5979 ± 0,1406
3. Hafta	0,6612 **A**	0,5340 **A**	0,7397 **A**	0,6612 ± 0,2050	0,5340 ± 0,0933	0,7397 ± 0,1264
9. Hafta	0,5085 **A**	0,4885 **A**	0,3172 **A**	0,5085 ± 0,1125	0,4885 ± 0,2180	0,3172 ± 0,2147
14. Hafta	0,7498 **A**	0,5510 AB	0,4536 B	0,7498 ± 0,0621	0,551 ± 0,2410	0,4536 ± 0,2161
18. Hafta		**			**	
24. Hafta		**			**	
40. Hafta		**			**	
45. Hafta		**			**	
52. Hafta		**			**	
D. chinensis						
1. Hafta	0,6638 **A**	0,6017 **A**	0,6182 **A**	0,6638 ± 0,1402	0,6017 ± 0,1613	0,6182 ± 0,1988
3. Hafta	0,6226 B	0,5859 B	0,7828 **A**	0,6226 ± 0,2197	0,5859 ± 0,1563	0,7828 ± 0,0510
9. Hafta	0,6574 **A**	0,5864 AB	0,4142 B	0,6574 ± 0,0653	0,5864 ± 0,1907	0,4142 ± 0,2310
14. Hafta	0,6699 **A**	0,6744 **A**	0,2832 B	0,6699 ± 0,1700	0,6744 ± 0,1386	0,2832 ± 0,1886
18. Hafta	0,7500 **A**	0,5736 **A**	*	*	0,5736 ± 0,2528	*
24. Hafta	0,7820 **A**	0,7006 **A**	*	*	0,7006 ± 0,0636	*
40. Hafta		**			**	
45. Hafta	0,7170 **A**	0,4556 **A**	*	*	0,4556 ± 0,1472	*
52. Hafta	0,1760 **A**	0,5390 **A**	*	*	0,5390 ± 0,2455	*
L. spectabilis						
1. Hafta	0,2767 **A**	0,3450 **A**	0,3697 **A**	0,2767 ± 0,0788	0,3450 ± 0,1275	0,3697 ± 0,1439
3. Hafta	0,3559 B	0,2931 B	0,5772 **A**	0,3559 ± 0,2067	0,2931 ± 0,1764	0,5772 ± 0,1738

Tablo 14 (devam): Stres düzeyi (Fv/Fm) değerlerine ait varyans analizi verileri.

9. Hafta	0,2980 **A**	0,1886 AB	0,1691 B	0,2980 ± 0,1181	0,1886 ± 0,1439	0,1691 ± 0,0640
14. Hafta	0,4214 **A**	0,2988 AB	0,2080 B	0,4214 ± 0,1674	0,2988 ± 0,1426	0,2080 ± 0,1362
18. Hafta	0,4616 **A**	0,3851 **A**	0,4768 **A**	0,4616 ± 0,1603	0,3851 ± 0,2104	0,4768 ± 0,2332
24. Hafta	0,4703 **A**	0,4259 **A**	0,4739 **A**	0,4703 ± 0,1229	0,4259 ± 0,1504	0,4739 ± 0,1839
40. Hafta	0,2651 B	0,4152 **A**	0,4626 **A**	0,2651 ± 0,1329	0,4152 ± 0,1518	0,4626 ± 0,1547
45. Hafta	0,2634 B	0,3340 AB	0,4823 **A**	0,2634 ± 0,1569	0,3340 ± 0,1621	0,4823 ± 0,1592
52. Hafta	0,2167 **A**	0,1437 **A**	0,2594 **A**	0,2167 ± 0,0660	0,1437 ± 0,1030	0,2594 ± 0,1711
S. album						
1. Hafta	0,2428 **A**	0,2709 **A**	0,3199 **A**	0,2428 ± 0,1193	0,2709 ± 0,1262	0,3199 ± 0,1298
3. Hafta	0,2699 B	0,2983 B	0,5682 **A**	0,2699 ± 0,1818	0,2983 ± 0,205	0,5682 ± 0,1369
9. Hafta	0,0977 **A**	0,2277 **A**	0,1362 **A**	0,0977 ± 0,0562	0,2277 ± 0,2099	0,1362 ± 0,1677
14. Hafta	0,3491 **A**	0,2396 **A**	0,2268 **A**	0,3491 ± 0,2143	0,2396 ± 0,1264	0,2268 ± 0,1980
18. Hafta	0,5530 **A**	0,3421 **A**	0,6211 **A**	0,553 ± 0,5600	0,3421 ± 0,1616	0,6211 ± 0,1263
24. Hafta	0,4729 AB	0,4281 B	0,5833 **A**	0,4729 ± 0,1796	0,4281 ± 0,1476	0,5833 ± 0,0895
40. Hafta	0,5176 AB	0,3991 B	0,5542 **A**	0,5176 ± 0,1511	0,3991 ± 0,2117	0,5542 ± 0,1390
45. Hafta	0,2965 **A**	0,3655 **A**	0,3568 **A**	0,2965 ± 0,1022	0,3655 ± 0,1485	0,3568 ± 0,1221
52. Hafta	0,1677 B	0,2016 AB	0,3169 **A**	0,1677 ± 0,1437	0,2016 ± 0,1689	0,3169 ± 0,1097
S. lydium						
1. Hafta	0,4583 B	0,4895 B	0,5904 **A**	0,4583 ± 0,1067	0,4895 ± 0,0829	0,5904 ± 0,1611
3. Hafta	0,4083 B	0,3023 B	0,6530 **A**	0,4083 ± 0,2754	0,3023 ± 0,1678	0,6530 ± 0,1683
9. Hafta	0,0955 **A**	0,1588 **A**	0,1606 **A**	0,0955 ± 0,0875	0,1588 ± 0,1226	0,1606 ± 0,1186
14. Hafta	0,5224 **A**	0,3568 B	0,2031 C	0,5224 ± 0,1195	0,3568 ± 0,118	0,2031 ± 0,2524
18. Hafta	0,6567 **A**	0,4306 B	0,6892 **A**	0,6567 ± 0,0809	0,4306 ± 0,1315	0,6892 ± 0,0742
24. Hafta	0,6349 **A**	0,5014 B	0,6818 **A**	0,6349 ± 0,1104	0,5014 ± 0,1386	0,6818 ± 0,1136
40. Hafta	0,5306 **A**	0,5525 **A**	0,5957 **A**	0,5306 ± 0,1734	0,5525 ± 0,1478	0,5957 ± 0,1722
45. Hafta	0,4282 **A**	0,4319 **A**	0,4866 **A**	0,4282 ± 0,1498	0,4319 ± 0,1366	0,4866 ± 0,1836
52. Hafta	0,4398 **A**	0,3608 A	0,4556 **A**	0,4398 ± 0,1572	0,3608 ± 0,1129	0,4556 ± 0,1572

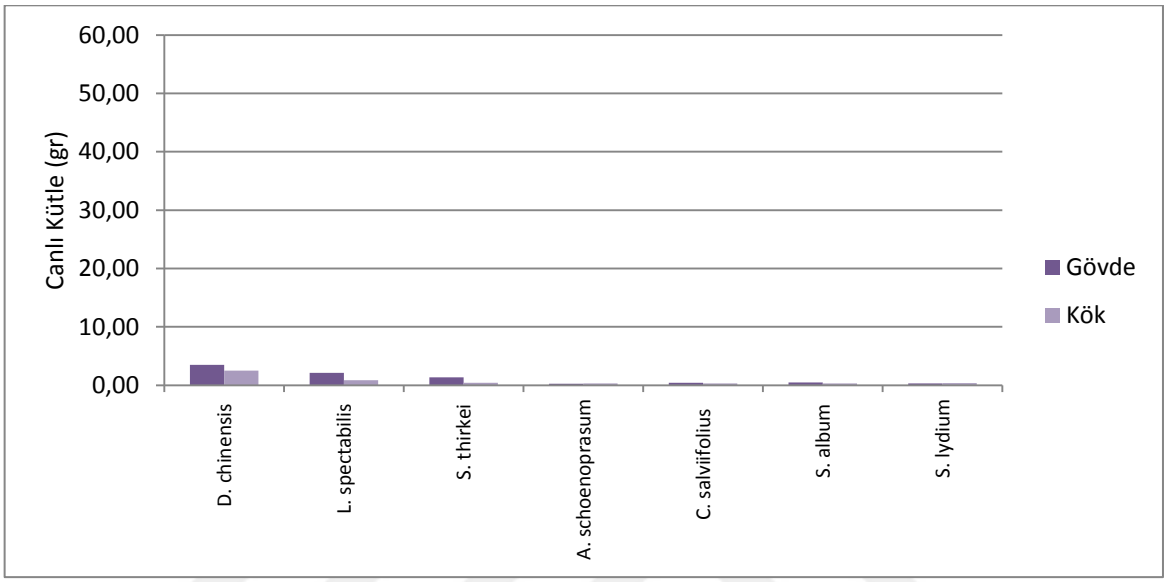
*: Yeterli veri olmadığı için sonuç bulunamamıştır. **: Yeterli veri olmadığı için sonuç bulunamamıştır.

4.3.3. Bitkilerin Canlı Kütle Değerlerine Ait Bulgular

Çalışma boyunca bitkilerin yetiştirme ortamlarında göstermiş olduğu gelişimleri belirleyebilmek için canlı kütle ölçümleri yapılmıştır. Çalışmanın başında ve sonunda olmak üzere iki defa gerçekleştirilmiştir. *D. chinensis* bitki türünden iki adet diğer bitki türlerinden üçer adet olmak üzere temsili bitkiler seçilmiştir. Seçilen temsili bitkilerin ortalama gelişmişlik düzeyinde olduğuna dikkat edilmiştir.

Çalışmanın başında canlı kütle testine tabii tutulacak bitkiler seçildikten sonra kök ve gövde ayrımları yapılarak 06.05.2018 tarihinde yaş ağırlıkları ve sonrasında fırında kurutularak 13.06.2018 tarihinde fırın kurusu ağırlıkları hassas terazi tartılarak bulunmuştur. Şekil 54'de

çalışmanın başında gerçekleştirilen canlı kütle (kuru ağırlıkları) değerleri bulunmaktadır. *A. schoenoprasum* en düşük gövde değerini *D. chinensis* en yüksek gövde değerini almıştır. Kökleri incelendiğinde ise en düşük *S. album* en yüksek *D. chinensis* bireylerinin aldığı görülmektedir.

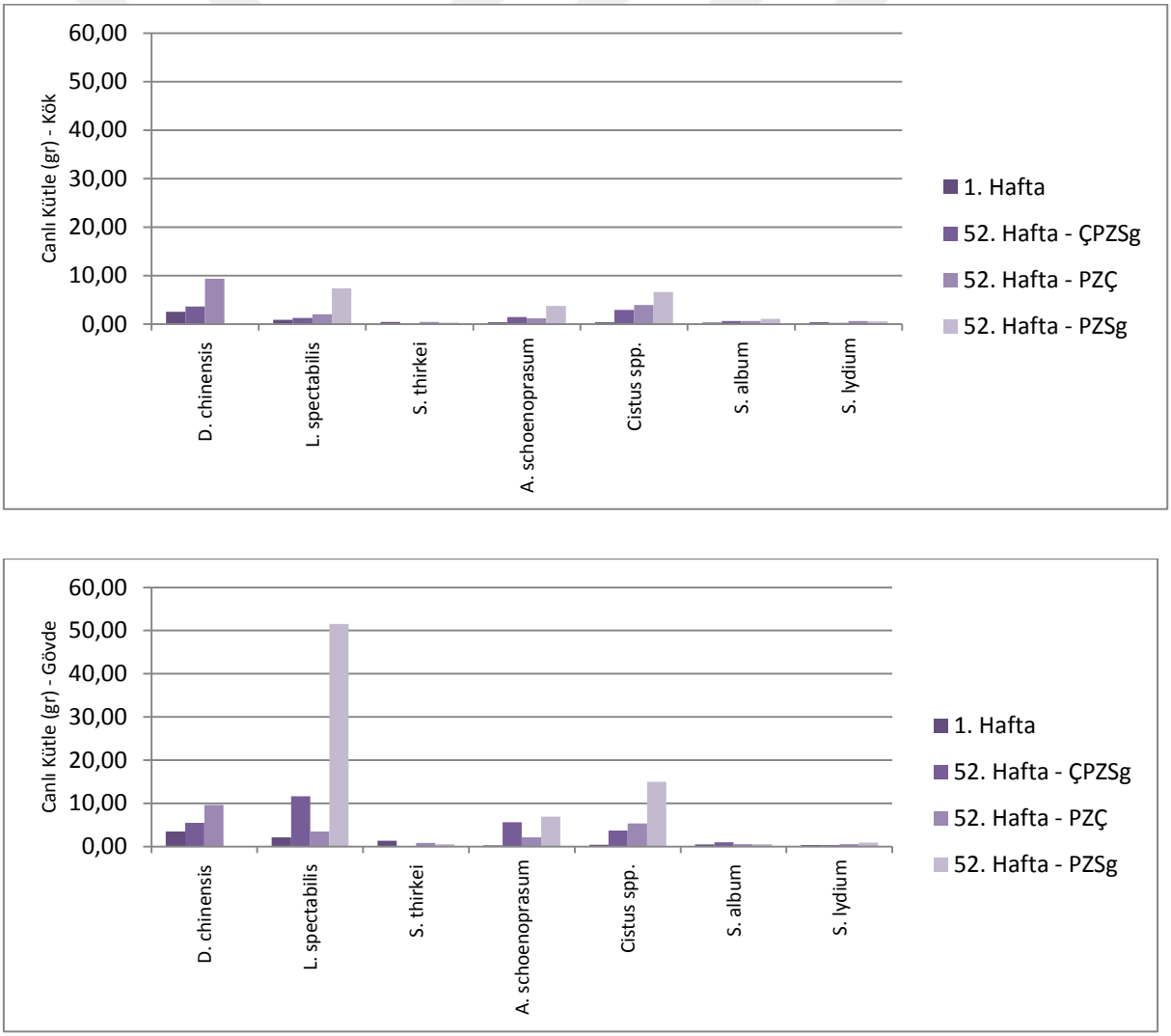


Şekil 54: Çalışmanın başında gerçekleştirilen canlı kütle (kuru ağırlıkları) değerleri.

Çalışmanın sonunda başında yapıldığı gibi canlı kütle ölçümü yapılmıştır. Her bir yetiştirme ortamından her bir bitki türünden birer örneklem alınmıştır. ÇPZSg Y.O.'da *S. thirkei*, PZSg Y.O.'da *D. chinensis* bitkileri tamamen kaybedildiği için bu türlerde canlı kütle ölçümü yapılamamıştır. Toplamda 19 adet bitki kurutularak ölçümü yapılmıştır.

Çalışmanın 1. haftasında ve 52. haftasında yapılan canlı kütle ölçümlerinin kök ve gövdeleri için ayrı ayrı karşılaştırılması Şekil 55'de verilmiştir. Şekil 54'te Y.O.'lara göre bitki türlerinin fırında kurutulmuş kök ağırlıklarını karşılaştırdığımızda *D. chinensis* bireylerinin PZÇ Y.O.'da kök gelişimlerinin en yüksek değeri alırken PZSg Y.O.'da ise canlı *D. chinensis* bireyi kalmadığı tespit edilmiştir. *L. spectabilis* bireyleri en yüksek kök gelişimini PZSg Y.O.'da yaparken en düşük kök gelişimini ÇPZSg Y.O.'da yaptığı belirlenmiştir. *S. thirkei* bireyleri en yüksek kök gelişimlerini PZÇ Y.O.'da yaparken ÇPZSg Y.O.'da canlı *S. thirkei* bireyinin kalmadığı belirlenmiştir. *A. schoenoprasum* bireylerinin en yüksek kök gelişimleri PZSg Y.O.'da en düşük kök gelişimleri PZÇ Y.O.'da olduğu saptanmıştır. *Cistus spp.*bireyleri en iyi kök gelişimlerini PZSg Y.O.'da en düşük kök gelişimlerini ise ÇPZSg

Y.O.'da yaptığı belirlenmiştir. *S. album* bireyleri en yüksek kök gelişimlerini PZÇ Y.O.'da en düşük kök gelişimlerini ÇPZSg ve PZÇ Y.O.'da olduğu tespit edilmiştir. *S. lydium* bireylerinin en yüksek kök gelişimlerini PZÇ Y.O.'da en düşük kök gelişimlerini ÇPZSg Y.O.'da yaptığı kaydedilmiştir. Çalışmanın Şekil 54'te Y.O.'lara göre bitki türlerinin fırında kurutulmuş gövde ağırlıklarını karşılaştırdığımızda *D. chinensis, L. spectabilis, S. thirkei, A. schoenoprasum* ve *Cistus spp.* bireylerinin kök gelişimleri ile aynı oranda arttıkları tespit edilmiştir. *S. album* ve *S. lydium* bireyleri ise aynı oranda artmamıştır. *S. album* bireyleri en yüksek gövde gelişimlerini ÇPZSg Y.O.'da en düşük gövde gelişimlerini PZÇ Y.O.'da yaptığı tespit edilmiştir. *S. lydium* bireylerinin en yüksek gövde gelişimlerini PZSg Y.O.'da en düşük gövde gelişimlerini ÇPZSg Y.O.'da yaptığı belirlenmiştir.



Şekil 55: Çalışmanın başında ve sonunda gerçekleştirilen canlı kütle (kuru ağırlıkları) değerleri.

Çalışmanın başında ve sonunda gerçekleştirilen canlı kütle analizinin kök/gövde oranı Tablo 15'te verilmiştir. Tablo 15 incelendiğinde ÇPZSg yetiştirme ortamında *S. thirkei* bireylerinin ve *S. lydium* bireylerinin kök/gövde oranında azalma olduğu *ve D. chinensis, L. spectabilis, A. schoenoprasum, Cistus spp.* ve *S. album* bireylerde ise kök/gövde oranlarının arttığı tespit edilmiştir. PZÇ yetiştirme ortamında *S. thirkei bireylerinin* kök/gövde oranı sabit kalırken diğer bitki türlerinin bireylerinde kök/gövde oranının arttığı belirlenmiştir. PZSg yetiştirme ortamında *D. chinensis* bireylerinin kalmadığı *S. thirkei bireylerinin* kök/gövde oranlarında azalma olduğu diğer bitki türlerinin bireylerinde kök/gövde oranının arttığı tespit edilmiştir.

Tablo 15: Çalışmanın başında ve sonunda gerçekleştirilen canlı kütle analizinin kök/gövde oranı.

Yetiştirme Ortamı	Bitki	Kök		Gövde		Kök/Gövde oranı	
		1. Hafta	52. Hafta	1. Hafta	52. Hafta	1. Hafta	52. Hafta
ÇPZSg	*D. chinensis*	2,52	3,64	3,49	5,52	0,72	1,04
	L. spectabilis	0,88	1,24	2,13	11,64	0,41	0,58
	S. thirkei	0,44	0,00	1,36	0,00	0,32	0,00
	A. schoenoprasum	0,34	1,42	0,29	5,61	1,19	4,98
	Cistus spp.	0,34	2,94	0,44	3,68	0,77	6,68
	S. album	0,32	0,60	0,50	0,98	0,63	1,20
	S. lydium	0,35	0,22	0,33	0,32	1,04	0,66
PZÇ	*D. chinensis*	2,52	9,37	3,49	9,64	0,72	2,68
	L. spectabilis	0,88	2,00	2,13	3,52	0,41	0,94
	S. thirkei	0,44	0,43	1,36	0,87	0,32	0,32
	A. schoenoprasum	0,34	1,20	0,29	2,14	1,19	4,21
	Cistus spp.	0,34	3,93	0,44	5,33	0,77	8,93
	S. album	0,32	0,60	0,50	0,55	0,63	1,20
	S. lydium	0,35	0,59	0,33	0,55	1,04	1,77
PZSg	*D. chinensis*	2,52	0,00	3,49	0,00	0,72	0,00
	L. spectabilis	0,88	7,36	2,13	51,55	0,41	3,46
	S. thirkei	0,44	0,32	1,36	0,53	0,32	0,23
	A. schoenoprasum	0,34	3,77	0,29	6,90	1,19	13,21
	Cistus spp.	0,34	6,63	0,44	14,98	0,77	15,07
	S. album	0,32	1,05	0,50	0,58	0,63	2,10
	S. lydium	0,35	0,55	0,33	0,90	1,04	1,65

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu tez çalışmasında, öncelikle literatür araştırması yapılarak yetiştirme ortamı malzemeleri belirlenmiş sonrasında denenmek üzere seçilen malzemeler ile yetiştirme ortamı karışımları oluşturularak yeşil çatı sistemlerinde uygunluğu tespit edilmiştir.

Deneysel çalışma İÜYAP alanında 15.05.2018 ile 06.05.2019 tarihleri arasındaki 52 hafta boyunca gerçekleştirilmiştir. Deney desenleri deneysel hatayı gidermek için hazırlanan yetiştirme ortamlarından 3 tekrar olarak 9 adet deney kutusundan oluşmaktadır. Deney kutularının içerisine alttan üste doğru olmak üzere su tutucu keçe, drenaj katmanı ve filtre örtüsü katmanı kesilerek uluslararası ölçütlere uygun biçimde (FLL, 2008) yerleştirilmiştir. Bu katmanların üzerene hazırlanan yetiştirme ortamları İstanbul ilinin iklim koşulları ve kullanılacak bitki türleri göz önüne alınarak 10 cm derinliğinde serilmiştir. Çalışmada kullanılmak üzere yedi çeşit kuraklığa dayanıklı egzotik tür olan *L. spectabilis* ve *D. chinensis*, doğal tür olan *A. schoenoprasum, S. thirkei, Cistus spp., S. album* ve *S. lydium* deneme desenlerine rastgele dikilmiştir.

Y.O. karışımında çeltik kavuzu ve solucan gübresi yerel ve atık, ponza ve zeolit yerel ve doğal maddeler olarak deney deseninde yer almıştır. İdeal Y.O. karışımı oksijen ve suyu tutan, besin maddelerini bünyesinde sürekli barındırabilen ve hafif ve gözenekli (Snodgrass ve Snodgrass, 2006; Ekşi ve diğ., 2017), zaman içerisinde küçük parçalara ayrışarak dağılmayacak şekilde oluşturulmalıdır (Getter ve Rowe, 2006; Ekşi ve diğ., 2017). Seçilen Y.O. maddelerinden ÇPZSg (%60Ç + %20PZ + %20Sg), PZÇ (%80PZ + %20Ç) ve PZSg (%80PZ + %20Sg) Y.O.'lar hazırlanmıştır.

Deney desenlerinin uygunluğunu tespit etmek amacıyla yetiştirme ortamları ve bitkiler üzerinde çeşitli ölçümler yapılarak veriler elde edilmiştir. Oluşturulan deney desenlerinde çalışma boyunca iklimsel değişkenler, BBE, Fv/Fm, ve yetiştirme ortamı nem ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait analizler laboratuvar koşullarında belirlenmiştir. Çalışmanın başında ve sonunda olmak üzere canlı kütle ölçümleri yapılmıştır.

İklim değişkenlerine ait çalışma alanındaki ölçülen aylık ortalama sıcaklık ve toplam yağış ile MGM'den elde edilen 65 yıllık ortalama sıcaklık ve toplam yağış ve Bahçeköy meteoroloji istasyonundan elde edilen toplam yağış verileri karşılaştırılmıştır. Temmuz ve ağustos ayında çalışma alanında ölçülen sıcaklıklar MGM verilerinden yüksek çıkmıştır. Bu verilere bakılarak yaz mevsiminin geçmiş zamanlara göre daha sıcak geçtiği söylenebilir. Çalışma alanındaki istasyondan elde edilen toplam yağış verileri ile MGM ve Bahçeköy verileri karşılaştırıldığında çalışmanın ağustos ayında neredeyse yağmur yağmadığı ve MGM ve Bahçeköy verilerine göre geçmiş yıllara göre toplam yağıştan az olduğu, çalışmanın eylül ayında ise MGM ve Bahçeköy verilerine göre toplam yağışın geçmiş yıllara göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Elde edilen yağış ve sıcaklık verilerine göre yaz mevsiminin son ayı olan çalışmanın 14. ve 18. haftası arasına denk gelen ağustos ayının kurak geçtiği belirlenmiştir. 18. haftadaki ölçümlerin bitkiler için kritik ölçümler olduğu ve 18. haftanın da çalışmanın kritik haftası olduğu tespit edilmiştir.

Y.O. için yapılan elek analizleri sonucunda PZÇ ve PZSg Y.O.'nun tane boyutlarının birbirine yakın ÇPZSg Y.O.'nun ise iskelet kısmının daha az olduğu belirlenmiştir. Y.O. FLL (2008) standartlarına göre karşılaştırmıştır. Her bir Y.O. yeşil çatı tane boyutları standartlarının arasında kalmıştır fakat ince malzeme oranı arttırılırsa daha ideal tane boyutuna ulaşılacaktır. Çatı bahçesi için hiçbir Y.O. uygun değildir ince malzeme oranı azdır bu nedenle ince malzeme miktarının arttırılması gerekir. Tek katmanlı çatı bahçesi ve yeşil çatı sistemlerindeki çap sınıfları ile karşılaştırıldığında ise ÇPZSg Y.O. için uygun olmadığı ama iskelet malzemenin arttırılası ile uygun hale geleceği belirlenmiştir.

Y.O.'ların fiziksel ve kimyasal özellikleri incelendiğinde ÇPZSg Y.O.'nun içinde % 60 oranında çeltik kavuzunun bulunmasından dolayı PZÇ ve PZSg Y.O.'larından daha hafif olduğu ve nem tutma kapasitesi, EC, N ve organik maddenin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Nem tutma kapasitesi FLL standartlarına göre her üç yetiştirme ortamında yüksek çıkmıştır. ÇPZSg Y.O. karışımı, içeriğinde % 60 oranında çeltik kavuzu bulunmasından dolayı hafif ve yüksek nem tutma kapasitesi olmasına ragmen çeltik kavuzunun hızlı ısıyıp sogumasından dolayı uzun süre nemli kalamamaktadır. Bu durum özellikle yağışsız geçen zamanlarda bitkileri olumsuz etkilemektedir. Çünkü bitkilerin taze ağırlığının % 60-85'ini su oluşturur. Eğer bitki bünyesinde su yetersiz ise hücre aktivitesini durur ve böylece bitki gelişemez ve ölür (Çepel, 1988). Y.O.'larında EC değerlerinin FLL standartlarına göre uygun olduğu

belirlenmiştir. EC, Y.O.'larının tuzluluğu ile ilişkilidir. Y.O.'larının tuzluluğu, bitkinin su ve besin maddesi alımını olumsuz yönde etkilemesi nedeniyle, dengeli beslenme için uygun olmayan koşullar yaratır ve bitkinin fizyolojik, anatomik ve morfolojik özelliklerinde değişikliklere neden olur (Güner, 1971; Krebb, 1964; Eruz, 1979). Y.O.'larının organik madde ve N değerlerinin FLL standartlarına göre uygun olduğu tespit edilmiştir. N ve organik madde bitki büyümesini kontrol eden besin elementleridir (Çepel, 1996; Gardiner ve Miller, 2008; Fageria, 2009; Bolat ve Kara, 2017). Sonuç olarak % 60 oranında çeltik kavuzunun bulunduğu karışım olan ÇPZSg Y.O. hafif ve nem tutma kapasitesi yüksek olmasına ragmen özellikle uzun süren sıcaklık ve yağışsız olan sıcak iklimlerde kullanılması tavsiye edilir.

Y.O.'larda ölçülen nem değerleri incelendiğinde PZSg Y.O. nem değerlerinin diğer Y.O.'lara göre fazla olduğu belirlenmiştir. PZSg Y.O.'da ponzanın iri taneli ve gözenekli olmasının yanında geç ısıyıp sogumasından ve zeolitin nem çekme eğilimden dolayı nemi diğer Y.O.'lara göre fazla tutmaktadır. PZÇ Y.O., ÇPZSg Y.O.'ya göre daha fazla nem tuttuğu belirlenmiştir. Solucan gübresi ve çeltik kavuzu PZÇ ve PZSg Y.O.'larda aynı oranda bulunduğu için çeltik kavuzu ile solucan gübresi arasında karşılaştırma yapıldığında çeltik kavuzunun daha fazla nem tutma kapasitesi olduğu tespit edilmiştir. Çalışmanın 14. ve 18. haftalarda nem değerleri çok düşük olduğundan dolayı belirlenememiştir. Bu durum Y.O.'ların nem tutma kapasitelerinin, iklim değişkenleri ile doğru orantılı olduğunu göstermektedir. Çünkü bu haftaların arasında olan kritik ay olarak belirlenen ağustos ayı kurak geçmiştir. Y.O.'ların günlük sıcaklık değişim değerleri 27.03.2019 - 06.05.2019 tarihleri arasında ölçülebilmiştir. 05.04.2019 tarihinde yetiştirme ortamlarının en düşük sıcaklık değerlerine 29.04.2019 tarihinde yetiştirme ortamlarının en yüksek sıcaklık değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Her iki gün birlikte incelendiğinde % 60 oranında çeltik kavuzunun bulunduğu karışım olan ÇPZSg Y.O.'nun hızlı bir şekilde ısıyıp soğuduğu tespit edilmiştir. Buradan çeltik kavuzunun hızlı ısıyıp soğuduğu belirlenmiştir. PZÇ ve PZSg Y.O.'ların sıcaklık değerleri birbirine paralel gitmiştir. Bu durum aynı karışım oranlarına sahip solucan gübresi ile çeltik kavuzunun sıcaklık değişimlerinin hemen hemen aynı olduğunu göstermektedir.

Soğanlı ve otsu bitkiler tıpkı ağaçlar gibi kışları uyku dönemine girer ve gelişimleri yavaşlar. Bu sebeple, çalışmada BBE ve Fv/Fm grafikleri bitkilerin vejetasyon dönemlerine göre 1. büyüme dönemi (15.05.2018-29.10.2018) ve 2. büyüme dönemi (04.02.2019-07.05.2019)

olarak ikiye ayrılmıştır. Bitkiler dikildikten sonraki 20 gün boyunca Y.O.'larda stres olmaması için sulanmıştır ve sonrasında hiçbir sulama yapılmamıştır. Bitki türlerinin Y.O.'lara göre BBE değerleri incelendiğinde *A. schoenoprasum* en iyi gelişimini ÇPZSg Y.O.'da en düşük gelişimini PZÇ Y.O.'da gerçekleştirmiştir. *Cistus spp.* en iyi gelişimini PZSg Y.O.'da en düşük gelişimini ÇPZSg Y.O.'da gerçekleştirmiştir. *S. thirkei* 1. vejetasyon döneminde en iyi gelişimini ÇPZSg Y.O.'da en düşük gelişimini PZSg Y.O.'da, 2. vejetasyon döneminde en iyi gelişimini PZÇ Y.O.'da en düşük gelişimini ÇPZSg Y.O.'da gerçekleştirmiştir. *D. chinensis* 1. vejetasyon döneminde en iyi gelişimini ÇPZSg Y.O.'da en düşük gelişimini PZSg Y.O.'da, 2. vejetasyon döneminde en iyi gelişimini PZÇ Y.O.'da en düşük gelişimini PZSg Y.O.'da gerçekleştirmiştir. *L. spectabilis* en iyi gelişimini PZSg Y.O.'da en düşük gelişimini PZÇ Y.O.'da gerçekleştirmiştir. *S. album* ve *S. lydium* en iyi gelişimini PZSg Y.O.'da en düşük gelişimini PZÇ Y.O.'da gerçekleştirmiştir. Y.O.'larda bitki kayıpları incelendiği zaman en fazla kayıp ağustos ayında yaşanan kuraklıktan sonra 18. haftada yaşanmıştır. Çünkü su, bitkilerin % 65-80'ini oluşturur. ÇPZSg ve PZSg Y.O.'larda 22 adet PZÇ Y.O.'da 8 adet bitki kaybı yaşanmıştır. Bu durumdan çeltik kavuzunun bitki gelişimi açısından çok iyi gelişme gösterememesine ragmen süreklilik gösterdigi sonucu çıkarılabilir. Ayrıca besin değeri olarak ideal bir madde oldugu belirlenmiştir. Fv/Fm garfikleri incelendiğinde yaklaşık 0.700-0.830 normal değerler olarak değerlendirilirken <0.600 değerler için bitkilerin streste olduğu kabul edilmiştir (Ritchie, 2006). Çalışma boyunca bütün Y.O'larda 9. haftada tüm bitkilerin strese girdiği belirlenmiştir. Bu haftada yaşanan stresin nedeni yağış olmasına karşın sıcaklığın artmasıdır.

Bitkilerin çalışmanın başında ve sonunda yapılan canlı kütle analizinin kök/gövde oranını incelediğimizde canlı kalan tüm bitkilerin (ÇPZSg Y.O.'da *S. lydium,* PZSg Y.O.'da *S. thirkei* hariç) kök oranını arttırdığı tespit edilmiştir. Buradan Y.O.'ların bitkiler için zorlu koşullarda oldugu ve hayatta kalabilmek için kök gelişimini gövdelerine göre dasonucuna varılabilir.

Çalışma İstanbul koşulları göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Çeltik kavuzunun ve solucan gübresinin Y.O. karışımlarında kullanım olanakları incelendiğinde çeltik kavuzunun yeşil çatı sistemlerinde iklim koşullarının sürekli yağış alan bölgelerinde kullanımının uygun olduğu ve İstanbul koşullarında ise karışım oranının azaltılarak uyumlu hale getirilebileceği tespit edilmiştir. Solucan gübresinin İstanbul koşulları için uygun olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

Akbaşak, H., Koral, P., 2014, Çeltik Kavuzunun Hıyar Fidesi Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 11 (1), 79-89.

Akıllı, H., Kemahlı, F., Okudan, K., Polat, F., 2008, Ekolojik Ayak İzinin Kavramsal İçeriği ve Akdeniz Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimleri Fakültesi'nde Bireysel Ekolojik Ayak İzi Hesaplaması. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 15 (2), 1–25.

Aktaş, M., Ateş, A., 1998, *Bitkilerde Beslenme Bozuklukları Nedenleri ve Tanımları*, Nurol Matbaacılık A.Ş. , Ostim, Ankara.

Alsup, S., Ebbs, S., Retzlaff, W., 2010, The Exchangeability and leachability of metals from Select Green Roof Growth Substrates, *Urban Ecosyst*, 13, 91–111.

Ampim, P.A.Y., Sloan, J.J., Cabrera, R.I., Harp, D.A., Jaber, F.H., 2010, Green Roof Growing Substrates : Types , Ingredients , Composition and properties, 1. *Journal of environmental horticultural*, 28 (4), 244–252.

Barış, M.E., Shakour, N., Zolnoun, S., 2012, Yeşil Çatılar (Ankara Ankamall Alışveriş Merkezi Yeşil Çatı Proje Önerisi), *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* 9 (1), 33-44.

Baryła, A., Karczmarczyk, A., Bus, A., 2018, Role of Substrates Used for Green Roofs in Limiting Rainwater Runof, *Journal of Ecological Engineering*, 19 (5), 86-92.

Bass, B., Baskaran, B., 2003, *Evaluating Rooftop and Vertical Gardens as an Adaption Strategy for Urban Areas, CCAF Impacts and Adaptation Progress Report*, Institute for Research in Construction National Research Council, NRCC-46737.

Beck, D.A., Johnson, G.R., Spolek, G.A., 2011, Amending Gren Roof Soil with Biochar to Affect Runoff Water Quantity and Quality, *Environmental Pollution*, 159, 2111-2118.

Bolat, İ., Kara, Ö., 2017, Bitki Besin Elementleri: Kaynakları, İşlevleri, Eksik ve Fazlalıkları, *Bartın Orman Fakültesi Dergisi,* 19 (1), 218-228.

Boşgelmez, A., Boşgelmez, İ.İ., Savaşçı, S., Paslı, N., 2001, *Ekoloji – II (Toprak)*, Başkent Klişe Matbaacılık, Kızılay, Ankara.

Brady, N.C., 1990, *The Nature and Properties of Soils*, 10th Edition, Macmillan Publishing Company, New York, U.S.A.

Çakırer, G., 2015, *Çeltik Kavuzunun Topraksız Kültür Salata (Lactuca Sativa var. Crispa) Yetiştiriciliğinde Kullanılma Olanakları,* Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Çepel, N., 1988, *Toprak İlmi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Çepel, N., 1993, *Toprak-Su-Bitki*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Çepel, N., 1996, *Toprak İlmi*, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Dalley, S., 1994, "Nineveh, Babylon and the Hanging Gardens: Cuneiform and Classical Sources Reconciled", Iraq, *LVI*, 45-58.

Demir, H., Polat, E., 2003, Zeolit (Klinoptilolit) ve Tarımda Kullanımı, *Hasad*, 221, 54-59.

Demir, H., Polat, E., 2010, Ülkemiz İçin Yeni Bir Organik Gübre: Solucan Gübresi, *Tarım Aktüel,* 14, 54-60.

Demir, S., 2009, *Tuz Gölü Çevresinde Yetiştirilen Yöresel Kavun Populasyonunun (Koçhisar Kavunu) Tuza Tolerans Özellikleri Bakımından İncelenmesi,* Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Dueitt, S.D., Newman, S.E., 1994, Rice Hulls as a Soilless Media Component for Green House-Grown Plants, *Hort Science*, 29 (7), 736.

Dunnett, N., Kingsbury, N., 2004. *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Portland.

Dunnet, N., Kingsbury N., 2010, *Planting Green Roofs and Living Walls*, Timber Press, Portland.

Ekşi, M., 2006, *Çatı ve Teras Bahçelerinde Kullanılan Konstrüksiyon Elemanları ve Yaklaşımları,* Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ekşi, M., 2012, *Yeşil Çatı Sistemlerinin Su ve Enerji Dengesi Açısından Değerlendirilmesi: İstanbul Örneği,* Doktora, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Eksi, M., Rowe, D.B., 2016, Green Roof Substrates: Effect of Recycled Crushed Porcelain and Foamed Glass on Plant Growth and Water Retention, *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 81–88.

Ekşi, M., Rowe, D.B., 2019, Effect of Substrate Depth and Type on Plant Growth for Extensıve Green Roofs in a Mediterranean Climate, *Journal of Green Building*, 14 (2), 29-44.

Ekşi, M., Sevgi, O., Akburak, S., Yurtseven, H., Esin, A.İ., 2017, Ülkemizde Yeşil Çatı Sistemlerinde Yetiştirme Ortamı Olarak Kullanılabilecek Yerel Maddelerin Değerlendirilmesi, *International Congress of the New Approaches and Technologies for Sustainable Development*, Isparta, Türkiye, 1 (1), 116-125.

Ekşi, M., Sevgi, O., Akburak, S., Yurtseven, H., 2017a, Yeşil Çatı Sistemlerinde Çeşitli Doğal ve Atık Malzemelerin Yetiştirme Ortamı Kullanım İmkanlarının Değerlendirilmesi, TÜBİTAK 3001 Programı, 215O854 Numaralı Araştırma Projesi, İstanbul.

Ekşi, M., Uzun, A., 2016, Yeşil Çatı Sistemlerinin Su ve Enerji Dengesi Açısından Değerlendirilmesi, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66 (1), 119-138.

Elmastaş, N., 2012, Türkiye Ekonomisi İçin Önemi Giderek Artan Bir Maden: Pomza (Sünger Taşı), *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 5 (23), 197-206.

Eruz, E., 1979, Toprak Tuzluluğu ve Bitkiler Üzerindeki Genel Etkileri, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi,* 29 (2), 112-120.

Evans, M.R., Gachukia, M., 2007, Physical Properties of Sphagnum Peat-Based Root Subsrates Amended with Perlite or Parboiled Fresh Rice Hulls, *Hort Technology*, 17 (3), 312-315.

Fageria, N.K., 2009, *The Use of Nutrients in Crop Plants*, CRC Pres, Boca Raton, Florida, New York.

FLL (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftbau-Society Of Landscape Development and Landscape Design), 2008, *Guedelines for The Plannning, Construction and Maintenance of Green-Roof Sites*, Bonn, Germany.

Foth, H.D., 1984, *Fundamentals of Soil Science*, 7th Edition, John Wiley and Sons, New York.

Gardiner, D.T., Miller, R.W., 2008, *Soils in Our Environment*, 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, New Jersey, USA.

Getter, K.L., Rowe, D.B., 2006, The Role of Extensive Green Roofs in Sustainable Development, *Hort Science*, 41 (5), 1276–1285.

Getter, K. L., Rowe, D. B., 2009, Substrate Depth Influences Sedum Plant Community on a Green Roof, *Hort Science*, 44 (2), 401-407.

Graceson, A., Hare, M., Hall, N., Monaghan, J., 2014, Use of İnorganic Substrates and Composted Green Waste in Growing Media for Green Roofs, *Biosystems Engineering* 124, 1-7.

Güner, H., 1971, *Bitkilerde Tuz Toleransının Fizyolojik Temelleri*, Ege Üniversitesi Matbaası, Bornova, İzmir.

Güzel, N., Gülüt, K.Y., Büyük, G., 2004, *Toprak Verimliliği ve Gübreler*, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 246, Ders Kitapları Yayın No: A-80, Adana.

Han, E., Han, K., Ayşen, A., 2013, *Kalkınma Ekonomisi, Teori Ve Politika*, 8. Basım, Nobel Yayınları Kalkınma Bakanlığı Onuncu Kalkınma Planı, Ankara.

Juliano, B., Maningat C., Pascual, C., 1987, Properties of Fraction of Rice Hulls, *Phytochemistry*, 26, 3261-3263.

Kacar, B., Katkat, V., 2010, *Bitki Besleme*, 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti, Kızılay, Ankara.

Kantarcı, M.D., 2000, *Toprak İlmi*, İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim

Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul.

Kantarcı, M.D., 2000, *Toprak İlmi*, İstanbul Üniversitesi Toprak İlmi ve Ekoloji Anabilim Dalı, İstanbul Üniversitesi Yayın No. 4261, Orman Fakültesi Yayın No. 462, İstanbul.

Karslıoğlu, Z., 2013, *Fire Analizinde Deney Tasarımı,* Doktora, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.

Konyar, E., 2001, Babil'in Asma Bahçeleri,*Toplumsal Tarih Dergisi*, 46-53.

Korkmaz, H., Durmaz, A., 2017, Bitkilerin Abiyotik Stres Faktörlerine Verdiği Cevaplar, *Dergipark,* 7 (2), 192-207.

Köhler, M., 2005, Long-Term Vegetation Research on Two Extensive Green Roofs in Berlin. *Urban Habitats,* 4 (1), ISSN: 1541-7115.

Kreeb, K., 1964, *Ökologische Grundlagen der Bewasserungskılturen in den Subtropen*, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.

Kuşçu Şimşek, Ç., Şengezer, B., 2012, İstanbul Metropoliten Alanında Kentsel Isınmanın Azaltılmasında Yeşil Alanların Önemi, *MEGARON*, 7 (2), 116-128.

Küçük, N., 2018, *Marmara Bölgesinde Doğal Yetişen Otsu Bitkilerin Yeşil Çatı Sistemlerinde Kullanım Olanaklarının Değerlendirilmesi*, Yüksek Lisans, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Mays, D.A., Terman, G.L., Duggan, J.C., 1973, Municipal Compost: Effects on Crop Yields and Soil Properties, *J. Environ. Quality*, 2 (1), 89-92.

McCauley, A., Jones, C., Jacobsen, J., 2009, Nutrient Management, *Nutrient management module 9 Montana State University Extension Service, Publication*, 4449 (9), 1–16.

Mengel, K., 1972, *Ernahruıg uınd Stoffwechsel der Pflanze*, Fischer Verlag, Stuttgart.

Mkhabelaa, M.S., Warman, P.R., 2005, The İnfluence of Municipal Solid Waste Compost on Yield, Soil Phosphorus Availability and Uptake by Two Vegetable Crops Grown in a Pugwash Sandy Loam Soil in Nova Scotia, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 57–67.

Monterusso, M.A., Rowe, D.B., Rugh, C.L., 2005, Establishment and Persistence of Sedum spp. and Native Taxa for Green Roof Applications, *Hort Science*, 40 (2), 391–396.

Muttiarawati, O.T., 2012, The Effect of Ratio of Rice Hulls and Compost for Seedling Medium and Net-Shading on The Growth of Asparagus Seedlings Planted in Polybags, *Acta Hort*, 950, 81-86.

Nagase, A., Dunnet, N., 2010, Drought Tolerance in Different Vegetation Types for Extensive Green Roofs: Effects of Watering and Diversity, *Landscape and Urban Planning*, 97, 318-327.

Oberndorfer, E., Coffman, R.R., Rowe, B., Liu, K.K.Y., Köhler, M., Dunnett, N., Lundholm,

J., 2007, Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions, and Services. *BioScience*. 57 (10), 823–833.

Olgun, Y., 2014, *Yeşil Çatı: Tasarım ve Uygulama Örnekleri,* Yüksek Lisans, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Osmundson, T., 1999, *Roof Gardens: History, Design And Construction,* Norton Company, New York, ISBN: 0-393-73012-3.

Önder, S., Ocak, R.Ö., 2018, Çatı Bahçelerinin Kent Yaşamına Katkıları, *Uluslararası Yeşil Başkentler Kongresi,* Konya, 342–350.

Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M., Kaptan, H., 2001, *Toprak Bilimi*, 5. Baskı, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No 73, Ders Kitapları Yayın No A–16, Adana.

Özsoy, C.E., 2014, Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye'nin Ayak İzi, *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi, 9* (4), 199–215.

Papafotiou, M., Chronopoulas, J., Kargas, G., Voreakou, M., Leodaritis, N., Lagogianiand, O., Gazi, S., 2001, Cotton Gin Trash Compost and Rice Hulls as Growing Medium Components for Ornamentals, *J. Hort. Sci. Biotechnol.,* 76 (4), 431-435.

P´erez-estebana, J., Escol´asticoa, C., Masaguerb, A., Moliner, A., 2012, Effects of Sheep and Horse Manure and Pine Bark Amendments on Metal Distribution and Chemical Properties of Contaminated Mine Soils, *European Journal of Soil Science*, 63, 733–742.

Plaster. E.J., 1992, *Soil Science and Management,* 2nd Edition, Delmar Publishers Inc., Albany, New York, USA.

Retzlaff, W., Ebbs, S., Alsup, S., Morgan, S., Woods, E., Jost, V., Luckett, K., 2008, What is that running off of my gren roof, *6. Annual Greening rooftops for sustainable communities conference, awards and trade show,* Baltimore, USA.

Ritchie, G.A., 2006, Chlorophyll Fluorescence : What Is It and What Do the Numbers Mean?, *In USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-43*, 34–43.

Rowe, D.B., Monterusso, M.A., Rugh, C.L., 2006, Assessment of heat-expanded slate and fertility requirements in green roof substrates. *Hort Technology*, 16 (3), 471–477.

Seçer Kariptaş, F., 2010, Yeşil Çatıların Ekoloji Bağlamında Değerlendirilmesi ve Turkcell Ar-Ge Binası Örneği, *5. Ulusal Çatı ve Cephe Sempozyumu,* İzmir.

Sensoy, S., Demircan, M., Ulupınar, Y., Balta, İ., 2001, Türkiye İklimi, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

Shafique, M., Kim, R., Rafiq, M., 2018, Green Roof Benefits, Opportunities and Challenges-a Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *90*, 757–773, https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.006.

Snodgrass, E.C., Snodgrass, L.L., 2006, *Green Roof Plants: a Resource and Planting Guide*, Timber Press, Portland.

Szota, C., Fletcher, T.D., Desbois, C., Rayner, J.P., Williams, N.S.G., Farrell, C., 2017, Laboratory Tests of Substrate Physical Properties May Not Represent the Retention Capacity of Green Roof Substrates In Situ, *Water*, 9, 920.

TÜBİVES, 2019, Türkiye Bitkileri Veri Tabanı, Eskişehir, http://www.tubives.com.

Vijayaraghavan, K., 2016, Green Roofs: a Critical Review on The Role of Components, Benefits, Limitations and Trends, *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 57*, 740-752.

Wackernagel, M., Monfreda, C., v.d., 2005, *National Footprint and Biyocapacity Accounts 2005: The Underlying Calculation Method*, Oakland, U.S.A.

Welke, S.E., 2008, The Effect of Compost Extract on the Yield of Strawberries and the Severity of Botrytis cinerea, *Journal of Sustainable Agriculture*, 25 (1), 57-68.

Yıldız, Ş., Ölmez, E., Kiriş, A., 2009, Kompost Teknolojileri ve İstanbul'daki Uygulamaları, *Kompostlaştırma Sistemleri Ve Kompostun Kullanım Alanları Çalıştayı*, İstanbul, 1-12.

Young, T., Cameron, D.D., Sorrill, J., Edwards, T., 2014, Importance of Different Components of Green Roof Substrate on Plant Growth and Physiological Performance, *Urban Forestry and Urban Greening*, 13, 507–516.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler	
Adı Soyadı	Hamdi DİNCEL
Doğum Yeri	Türkeli
Doğum Tarihi	18.10.1991
Uyruğu	X T.C. ❒ Diğer:
Telefon	0541 436 49 84
E-Posta Adresi	hamdidincel@gmail.com
Web Adresi	



Eğitim Bilgileri	
Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi
Fakülte	Orman Fakültesi
Bölümü	Orman Mühendisliği
Mezuniyet Yılı	2013

Yüksek Lisans	
Üniversite	İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa
Enstitü Adı	Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Anabilim Dalı	Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Programı	Peyzaj Mimarlığı Programı

Makale ve Bildiriler